

INTERPRETASI ANOMALI GAYABERAT PERAIRAN KEPULAUAN KAI DAN SEKITARNYA, MALUKU

GRAVITY ANOMALY INTERPRETATION OF THE KAI ISLAND WATERS AND ITS SURROUNDING AREA, MALUKU

Eddy Mirnanda, Agus Subekti, Lukman Arifin

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjunan No. 236 Bandung 40174, email: emirnanda1@gmail.com

Diterima : 26-12-2019, Disetujui : 06-05-2020

ABSTRAK

Penelitian gayaberat laut telah dilakukan di perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya pada tahun 2018 dengan menggunakan kapal survei Geomarin 3. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh data geofisika kelautan dan menentukan keberadaan serta keterdapatan cekungan sedimenter. Penafsiran hasil penelitian gaya berat laut menunjukkan bahwa di bagian barat kepulauan Kai tepatnya di cekungan Weber merupakan jalur tarikan timur-barat yang masih aktif. Nilai anomali gayaberat Bouguer pada umumnya berkisar +180 mGal hingga +340 mGal berpola melingkar dengan arah relatif utara-selatan dengan nilai landaian gayaberat yang sangat curam. Di bagian timur kepulauan Kai yaitu di sekitar P. Kai Kecil dan P. Kai Besar, merupakan gambaran dari kawasan paparan Aru yang mempunyai litologi relatif homogen yaitu batu gamping dan napal berumur Tersier yang dilandasi oleh batuan dasar kerak kontinen yang relatif stabil. Nilai anomali gayaberat pada umum berkisar +90 mGal hingga +179 mGal berpola melingkar dengan arah relatif timurlaut-baratdaya. Di bagian tengah kepulauan Kai yaitu P. Kur, P. Fadol dan kepulauan Tayadu, anomali gayaberat berkisar antara +0 mGal hingga +89 mGal berpola memanjang dengan arah relatif utara-selatan dan timurlaut-baratdaya. Tingginya nilai anomali Bouguer di daerah ini berkaitan dengan batugamping Tersier dan kelompok litologi yang mempunyai rapat massa tinggi yaitu kerak granitik yang relatif lebih dekat ke permukaan di dibandingkan dengan tempat lain. Hasil pemodelan penampang gayaberat diperoleh; air laut dengan rapatmassa $1,03 \text{ gr/cm}^3$ merupakan lapisan paling atas disusul oleh kelompok batuan sedimen dengan rapatmassa $2,00 \text{ gr/cm}^3$, kemudian kerak dengan rapatmassa $2,67 \text{ gr/cm}^3$ dan $3,10 \text{ gr/cm}^3$ mewakili mantel atas.

Kata kunci: Anomali gayaberat, cekungan sedimen, penampang gayaberat, kepulauan Kai

ABSTRACT

Marine gravity research was carried out on the Kai island waters and its surrounding area in 2018 use Geomarin 3 research vessel. The purpose of this research are to obtain marine geophysical data and determine of sedimentary basins. The interpretation results of the marine gravity research show that in the western part of the Kai islands precisely in the Weber basin which is an active east-west pull belt. Gravity anomaly values generally range between +180 mGal to +340 mGal with a circular pattern in a relatively north-south direction with a value of very steep gently sloping. In the eastern part of the Kai islands, that is an imaging of the Aru shelf which has a relatively homogeneous lithology, consist of limestone and marl Tertiary-age, which is based on relatively stable continental crust bedrock. Gravity anomaly values generally between +90 mGal to +179 mGal with elongated pattern in the northeast-southwest direction. In the middle part of the Kai islands, P. Kur, P. Fadol dan Tayadu Islands, gravity anomalies range from +0 mGal to +89 mGal with a circular pattern in a relatively north-south direction and a relatively northeast-southwest direction. The high value of Bouguer anomalies in this area is related to Tertiary limestone and lithology groups that have high density, namely granitic crust which is relatively closer to the surface compared to other places. The cross section modeling gravity is obtained; sea water with a density of $1,03 \text{ gr/cm}^3$ is the top layer followed by sedimentary rock groups with a density of $2,00 \text{ gr/cm}^3$, then crust with a density of $2,67 \text{ gr/cm}^3$ and $3,10 \text{ gr/cm}^3$ represents the mantle up.

Keyword: Gravity anomaly, sediment basins, gravity cross section, Kai island

PENDAHULUAN

Kepulauan Kai terletak di bagian timur Busur Banda, tepat pada zona lengkungan sistem Busur Banda bagian timur. Secara tektonik Kepulauan Kai terletak pada Busur Vulkanik Banda bagian dalam (*Banda Volcanic Inner Arc*). Busur Banda sendiri terletak di daerah pertemuan tiga lempeng kerak bumi yang aktif, yakni lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Di bagian dalam sistem busur ini terletak kerak samudera tua yang diduga berumur Mesozoikum dan dibagian palung yang mengelilingi busur terdapat kerak benua Australia. Di bagian dalam kerangka busur ini terdapat Laut Banda yang mempunyai palung dalam (*deep trough*) seperti Palung Seram, Palung Timor, Palung Tanimbar, Palung Weber dan Palung Aru. Dua palung yang disebut terakhir terdapat di daerah penelitian. Pada penampang melintang, palung Aru di sebelah timur Kepulauan Kai tidak menunjukkan ciri jalur penunjaman yang khas, dan ditafsirkan sebagai jejak sesar naik di Busur Banda bagian timur (Carwell & Isacks, 1978; Hamilton, 1979; Schluter & Fritsch, 1985). Pendugaan bahwa Palung Aru sebagai jejak sesar naik Busur Banda menempatkan daerah Kepulauan Kai pada tataan tektonik busurmuka. Beberapa peneliti sebelumnya (Bowin dkk., 1980; Barber dkk. dan Jongasma dkk., 1989) menyimpulkan bahwa Palung Aru pengaruh gaya tarikan lebih besar dibandingkan gaya tekanan, dan mengusulkan bahwa sesar naik di Busur Banda bagian timur letaknya sedikit lebih ke barat, membagi dua kepulauan Kai. Oleh karena itu, kepulauan Kai menjadi penting, yaitu untuk mengetahui letak batas deformasi (*deformasi*) akibat tekanan di Busur Banda Timur ke arah timur.

Pulau-pulau paling barat dari Kepulauan Kai dan sekitarnya, dipisahkan dari busur gunungapi Banda oleh Cekungan Weber. Secara tektonik, cekungan tersebut merupakan cekungan busurmuka yang agak berbeda dengan cekungan-cekungan busurmuka lainnya yang mengelilingi Busur Banda.

Penelitian dan pengkayaan data dasar ESDM dan konsepsi geologi kelautan strategis, telah dilakukan Tahun Anggaran 2018 ini merupakan kegiatan survei yang menggunakan Kapal Riset Geomarin III di perairan kepulauan Kai dan sekitarnya, Provinsi Maluku.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data geofisika kelautan dan menentukan keberadaan & keterdapatannya cekungan sedimenter dengan menggunakan peralatan antara lain seismik multi kanal, geomagnet laut dan gaya berat laut. Salah satu kegiatan pengukuran tersebut adalah menggunakan peralatan gayaberat laut.

Lokasi kegiatan survei/pemetaan secara geografis termasuk kedalam wilayah kepulauan Kai dan Weber Deep, seperti tampak pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Perairan Kepulauan Kai dan Sekitarnya

GEOLOGI REGIONAL BUSUR BANDA

Busur Banda seperti tampak pada Gambar 2, terletak di daerah pertemuan tiga lempeng kerak bumi yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik (Charlton, 2004; de Smet, 1999; Bowin, dkk., 1981). Kawasan pertemuan lempeng-lempeng tersebut lazim dikenal sebagai *Eastern Indonesian Triple Junction* (EITJ). Busur Banda sendiri dapat dipisahkan menjadi dua wilayah yaitu Busur Banda Dalam (busur vulkanik) dan Busur Banda Luar (non vulkanik).

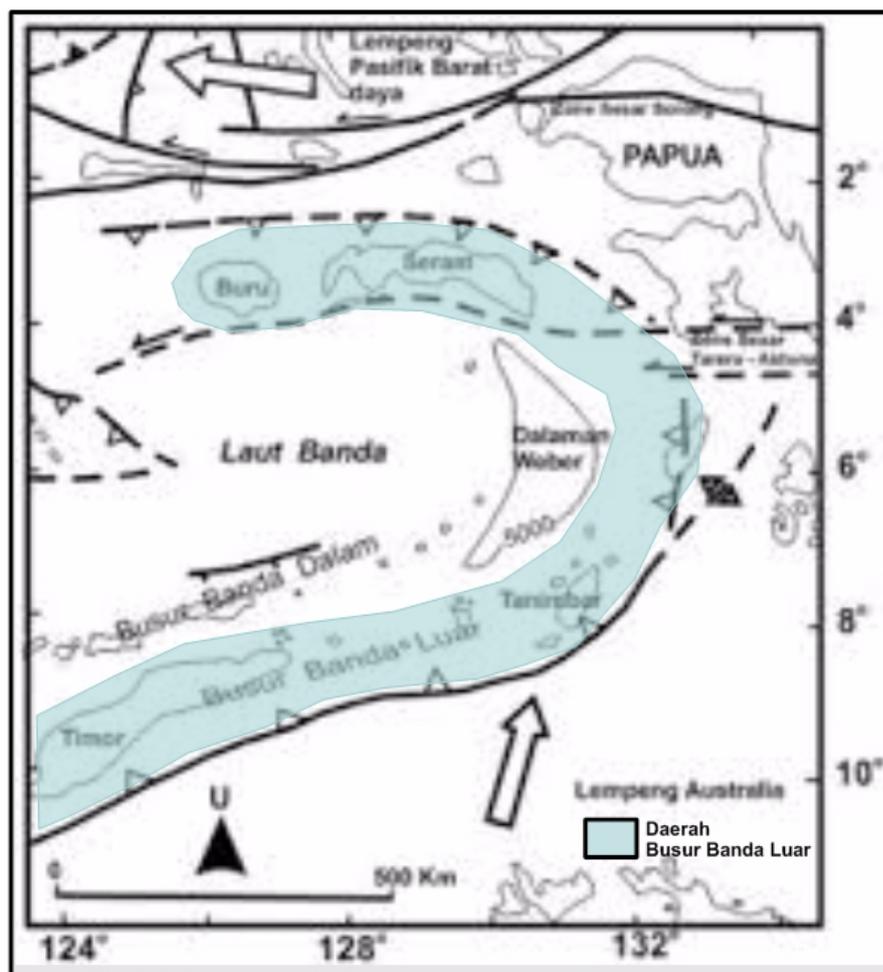
Para ahli menyimpulkan bahwa terbentuknya Busur Banda berkaitan dengan pemekaran lantai samudera Laut Banda karena mulainya subduksi yang diawali dengan pemekaran (Lapouille, dkk., 1985; Metcalfe, 1998; Hartono, 1990). Untuk lebih jelasnya, mereka menyatakan bahwa pemekaran kerak samudera Laut Banda yang ditandai dengan

lineasi anomali magnet adalah awal pembentukan Busur Banda.

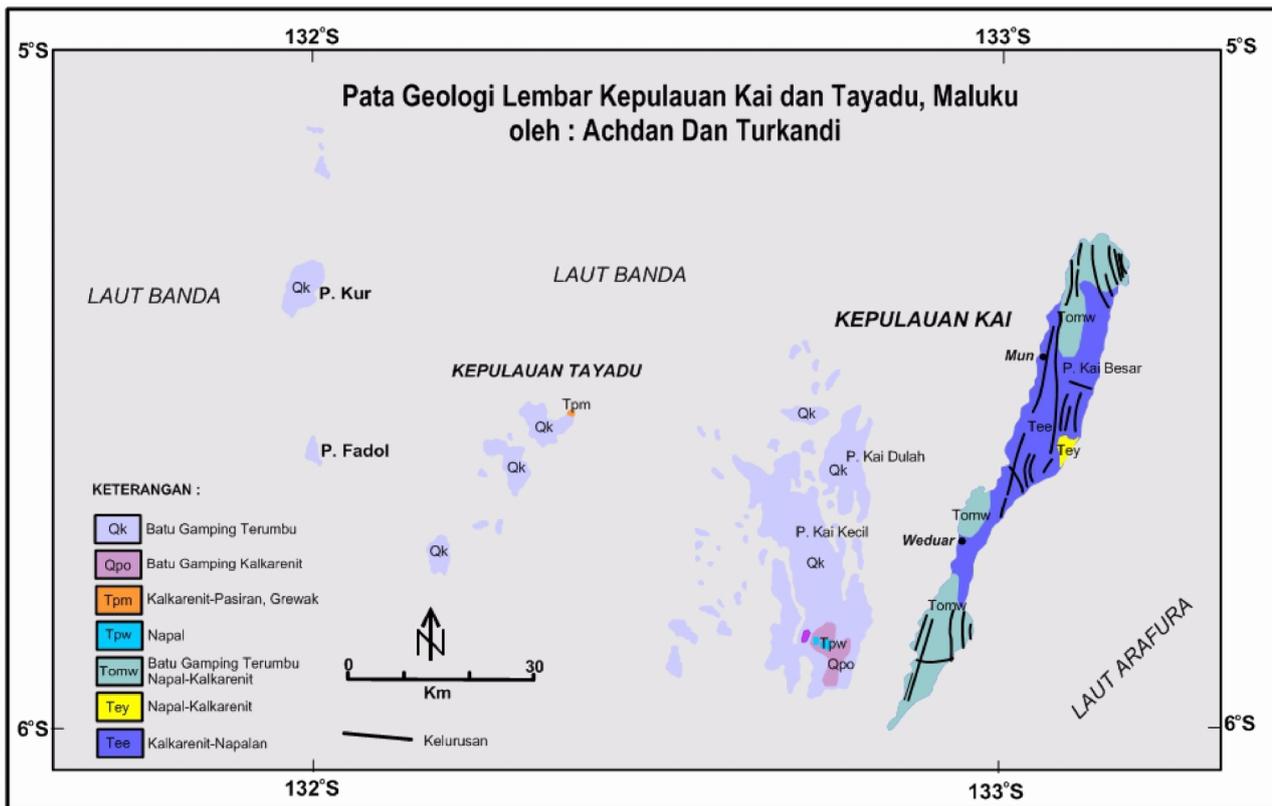
Jalur kepulauan yang pada awalnya berarah barat-timur selanjutnya dibelokkan ke utara terus membentuk setengah lingkaran dan terjadi pembusuran sehingga kerak samudera Laut Banda terperangkap ditengah-tengah busur. Pembusuran ini terjadi karena benua Australia yang bergerak ke utara sejak Akhir Kapur dalam rangka pemisahan dari Benua Antartika mulai mendapat perlawanan dari perputaran *unclockwise* Papua akibat desakan lempeng Pasifik ke arah baratdaya (Hartono, 1990; Hall, dkk., 1995; Metcalfe, 1998). Saling dorong antar kerak benua Australia dan kerak Samudera Pasifik ini, agak mengendor setelah terbentuknya sesar-sesar besar Sorong dan Tarera-Aiduna karena adanya pelepasan gaya kompresi keduanya. Daerah pemodelan terletak pada Busur Banda Luar (*Outer Banda Arc*) di daerah *Tertiary Accretionary Wedge* hingga daerah *Back Arc Basin* (Gambar 2).

Tataan stratigrafi kepulauan Kai dibahas dalam peta geologi lembar Kepulauan Kai oleh Achdan dan Turkandi, 1994 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Gambar 3). Kepulauan Kai terdiri dari Pulau Kai Besar, Pulau Kai Kecil dan beberapa pulau kecil lainnya. Batuan tertua di kepulauan ini adalah Kalkarenit Napalan Formasi Elat yang berumur Eosen Awal, yang disusun oleh perselingan kalsilitit dan napal setebal beberapa puluh centimeter, berlapis baik dengan kedudukannya yang hampir datar dan miskin fosil. Pada lapisan Napal, adanya foraminifera plankton berumur Eosen Akhir, sedang kalsilititnya mengandung foraminifera bentos rombakan yang berumur Eosen Tengah-Akhir. Tebal satuan ini, diperkirakan sekitar 500 m. Sedangkan batuan termuda di kepulauan Kai adalah batugamping terumbu koral Formasi Kai yang berumur Kuartar, disusun oleh batugamping terumbu yang terdiri atas koral, moluska, ganggang dan bryozoa Umumnya membentuk perbukitan rendah bergelombang, karst dan perbukitan rendah berlereng terjal (Achdan & Turkandi, 1994).

Di perairan Kepulauan Kai terdapat dua lajur struktur. Pertama lajur timur yang ditempati oleh Pulau Kai Besar berupa keratan pinggir Benua Australia, yang terpisah dari asalnya pada Kala pasca-Pliosen oleh penarikan di Palung Aru. Lajur struktur kedua menempati bagian tengah dan barat Kepulauan Kai, yang teriukan dan tertata di daerah busurmuka selama Pliosen. Daerah busurmuka ini masih dapat dibedakan lagi menjadi Kepulauan Kai Tengah dan Kepulauan Kai Barat. Kepulauan Kai Tengah tersusun oleh batuan sedimen pinggir Benua Australia yang tersirapkan, dan Kepulauan Kai Barat dikuasai oleh sesar-sesar naik belakang (*backthrust*) yang memotong batuan-alas Benua Australia. Bagian barat Kepulauan Kai yang berbatasan dengan Cekungan



Gambar 2. Kerangka Tekonik Busur Banda (Charlton, 2004; de Smet, 1999; Bowin, dkk., 1981)



Gambar 3. Peta Geologi Kepulauan Kai dan Tayadu, Maluku (Achdan dan Turkandi, 1994)

Weber ditafsirkan sebagai lajur tarikan di daerah busurmuka, terletak di atas tunjangan serta berhubungan dengan tekanan sebelumnya (Charlton, T.R., dkk.1991).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode gayaberat laut menggunakan alat Gravimeter MGS-6 yang dipasang pada kapal survei Geomarin 3. Alat ukur gayaberat tidak memberikan harga anomali gayaberat secara langsung karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran gayaberat di suatu titik di permukaan bumi. Hal tersebut terkait dengan bumi yang pada kenyataannya tidak bulat, lebih mendekati bentuk spheroid, relief permukaannya tidak rata, berotasi, berevolusi dalam sistem matahari serta tidak homogen sehingga percepatan gravitasi di permukaan tidak konstan.

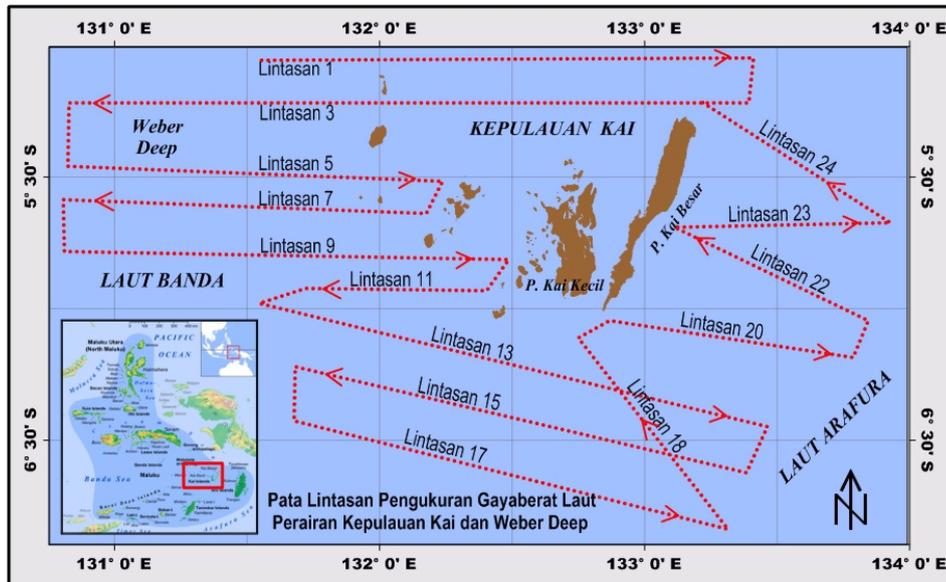
Perekaman data oleh alat Gravimeter MGS-6 menggunakan *software PiperPro*. Logging data secara *default* dengan *sampling rate* 20 Hz, sedangkan penyimpanan data per 1 Hz. Keluaran data yang dihasilkan berupa *raw gravity*, besaran *long level* dan *cross level*, nilai koreksi *Eotvos* yang merupakan kompensasi dari laju pergerakan kapal serta data posisi dari GPS. Sedangkan pemodelan

penampang anomali gayaberat Bouguer menggunakan *software* sederhana 2,5D dari *Talwani* berdasarkan atas rapatmassa acuan (*background density*) 2,67 gr/cc (Pedley, R.C. 1991).

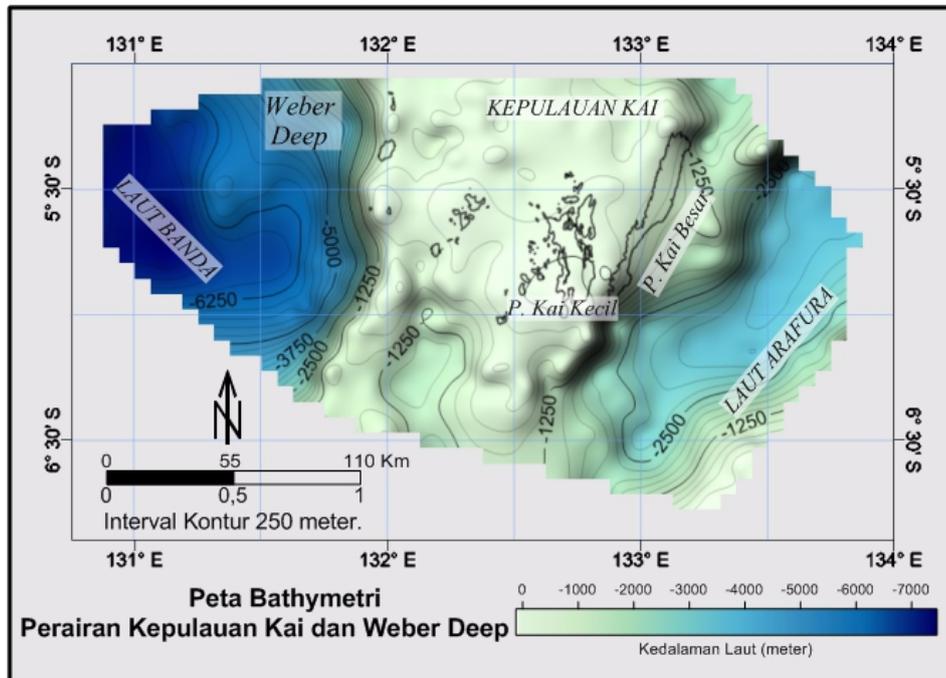
HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi titik pada jalur lintasan hasil pengukuran gayaberat laut di perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya sepanjang 2,297 km seperti ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini.

Peta Batimetri yang dihasilkan dari pengukuran kedalaman laut sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5 dibawah ini. Pada umumnya, kedalaman laut di daerah ini, menunjukkan relatif dalam dengan kedalaman berkisar 1000 sampai dengan 7000 meter. Di perairan kepulauan Kai termasuk perairan dalam, dengan kedalaman laut di bagian timur Pulau Kai Besar yang termasuk laut Arafura mencapai sekitar 3500 meter dan di bagian barat yang termasuk laut Banda kedalamannya mencapai sekitar 7 km (*Weber Deep*). Kontur kedalaman di bagian timur maupun di bagian barat daerah penelitian, menunjukkan morfologi yang terjal dan membentuk cekungan di bagian laut Banda maupun laut Arafura.



Gambar 4. Peta Jalur Lintasan Pengukuran Gayaberat Laut



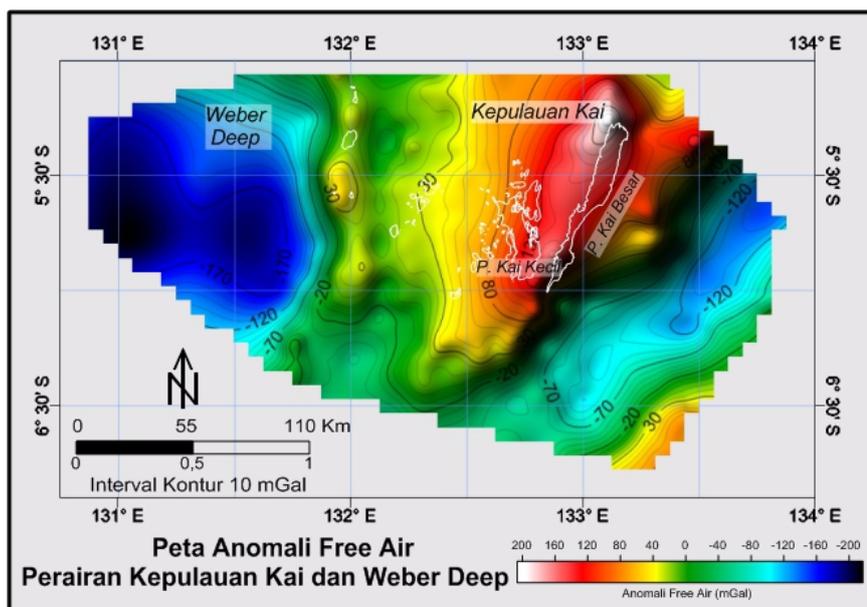
Gambar 5. Peta Batimetri di Perairan Kepulauan Kai dan Sekitarnya

- **Anomali Free Air**

Penelitian gayaberat laut di perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya menghasilkan peta anomali Free Air (*Free Air Anomaly*) sebagaimana tampak pada Gambar 6 di bawah ini.

Secara umum nilai anomali berkisar antara -220 mGal sampai dengan +220 mGal. Berdasarkan peta anomali *Free Air* di perairan Kepulauan Kai, maka pola sebaran anomali tersebut dapat dibedakan menjadi tiga lajur anomali yaitu lajur anomali rendah pada peta

ditunjukkan warna biru muda sampai tua dengan nilai anomali berkisar antara -220 mGal hingga -50 mGal yang bertepatan di Weber Deep dan cekungan Aru mengikuti pola kontur dari kedalaman laut dan berada di ujung bagian barat serta ujung bagian tenggara. Kemudian lajur anomali sedang pada peta ditunjukkan warna hijau sampai kuning dengan nilai anomali berkisar antara -51 mGal hingga +85 mGal yang tersebar di bagian tengah-selatan-timur-tenggara daerah penelitian. Sedangkan lajur anomali tinggi yang



Gambar 6. Peta Anomali Free Air di Perairan Kepulauan Kai dan Sekitarnya.

pada peta ditunjukkan warna merah sampai putih dengan nilai anomali berkisar antara +86 mGal hingga +220 mGal menempati ujung timur mengapit pulau Kai Kecil dan pulau Kai Besar membentuk pola anomali memanjang searah sumbu pulau Kai Besar. Anomali paling tinggi terdapat di ujung utara pulau Kai Besar sebesar +220 mGal. Sedangkan anomali rendah berada di ujung barat Weber Deep sebesar -220 mGal. Nilai anomali rendah berasosiasi dengan nilai kontras rapatmassa batuan yang kecil sedangkan nilai anomali tinggi berasosiasi dengan nilai kontras rapatmassa batuan yang tinggi.

• **Anomali Bouguer**

Nilai anomali gayaberat Bouguer diturunkan dari nilai anomali *Free Air* setiap lintasan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut (Telford., dkk., 1990) yaitu

$$AB = ABU - \{ 2pG (2,67-1,03) \} h$$

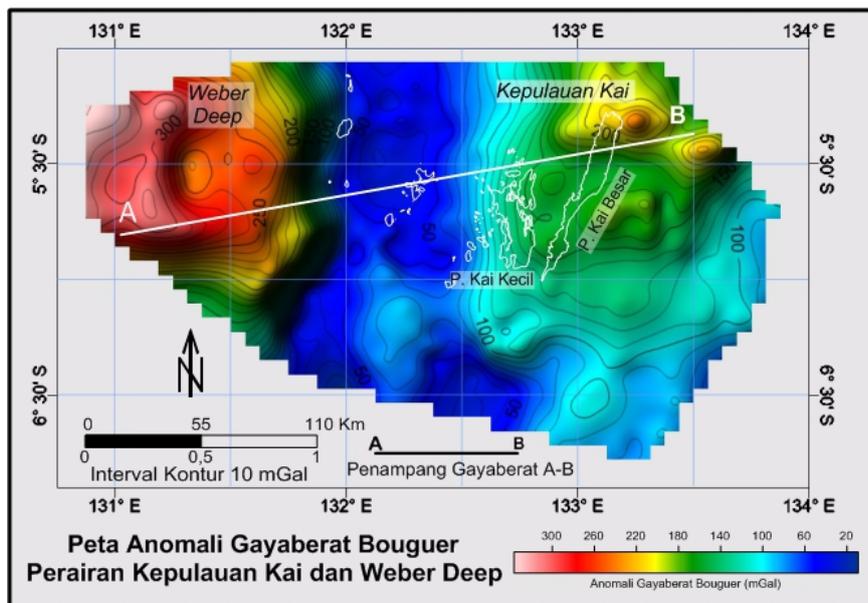
Dimana :

- AB adalah anomali Bouguer (mGal)
- ABU adalah anomali bebas udara (anomali Free Air) (mGal)
- G adalah konstanta gayaberat ($6,67 \times 10^{-8} \text{ N.m}^2/\text{s}^2$)
- 2,67 adalah rapatmassa kerak bumi (2,67 gr/cm³ atau gr/cc)
- 1,03 adalah rapatmassa air laut (1,03 gr/cm³)
- h adalah kedalaman laut (batimetri) (km)

Dari nilai anomali Bouguer tersebut yang selanjutnya digabungkan, setelah dilakukan proses *gridding*, *contouring* dan *plotting* akan menghasilkan peta anomali gayaberat Bouguer Perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 7 dibawah ini.

Dari Gambar 7 terlihat bahwa secara umum pola sebaran anomali gayaberat Bouguer berkisar antara +0 mGal hingga +340 mGal di Perairan Kepulauan Kai. Anomali tinggi terlihat di cekungan Weber di bagian barat daerah penelitian. Cekungan ini berbentuk melingkar dikelilingi bulatan anomali yang berkisar

antara +250 mGal hingga 300 mGal. Sebaran anomali ini dibagi menjadi tiga lajur yang berbeda, yang pertama adalah lajur *anomali tinggi* mempunyai rentang anomali +180 mGal hingga +340 mGal menempati bagian barat daerah penelitian. Pada sebaran anomali pada peta ditunjukkan warna kuning-merah-putih terdapat nilai anomali dengan landaian sangat terjal menunjukkan batas pinggirian bagian timur cekungan Weber yang diduga berkaitan zona patahan turun di daerah itu, anomali ini menempati daerah pada bagian ujung barat hingga tengah serta sebagian P. Kai Besar ujung utara daerah penelitian dan memajang/melingkar dengan arah relatif timurlaut-tenggara. Lajur *anomali sedang* pada peta ditunjukkan warna hijau sampai biru muda yang mempunyai rentang anomali berkisar antara +90 mGal hingga +179 mGal menempati bagian timur daerah penelitian. Sedangkan untuk lajur *anomali rendah* yang menempati bagian tengah daerah penelitian mempunyai rentang nilai anomali antara +0 mGal hingga +89 mGal berpola memanjang dengan arah relatif utara-selatan pada peta ditunjukkan dengan warna biru tua berpola memanjang dengan arah relatif timurlaut-baratdaya. Anomali tinggi tersebut diduga merupakan lajur tarikan timur-barat yang kini masih aktif. Anomali dengan landaian datar yang sangat terjal yaitu lebih kurang 7 mGal/km yang membatasi ujung kanan Cekungan Weber juga merupakan pola anomali yang digambarkan sebagai cekungan yang terbentuk oleh penurunan blok-blok kerak di bawahnya. Hal ini secara tidak



Gambar 7. Peta Anomali Gayaberat Bouguer di Perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya

langsung disebabkan adanya pengalihan antara penarikan di bagian atas kerak terhadap rendahnya nilai kontur kedalaman laut sehingga penarikan dibagian bawah kerak yang menyebabkan terjadinya nilai anomali gayaberat yang tinggi (Charlton, T.R., dkk.1991). Tingginya anomali gayaberat Bouguer sekitar +340 mGal di bagian barat kepulauan Kai dicirikan oleh kerak yang ada dibawah cekungan Weber menipis dibandingkan kerak di bagian tengah dan timur daerah penelitian (Bowin dkk., 1980). Kepulauan Kai dan pulau-pulau kecil di sekitarnya diwakili oleh anomali sebesar +110 mGal hingga 200 mGal yang diduga didasari oleh Kerak dengan rapatmassa $2,67 \text{ gr/cm}^3$ setebal 8 km, sedangkan tebal sedimen dengan rapatmassa $2,00 \text{ gr/cm}^3$ yang mendasari pulau ini adalah 4 km.

Kepulauan Kai bagian barat dan tengah daerah penelitian terdiri dari batuan alas Benua Australia yang tersingkap dan menutup bidang sesar naik yang memotong kerak benua berketebalan normal. Daerah busurmuka (Kompleks akrasi) yang terdeformasi terletak di sebelah barat P. Kai Besar, yaitu di selat Nerong. Kemiringan dislokasi alas terhadap kompleks akrasi dipengaruhi oleh model gayaberat, dan dislokasi yang memotong batuan-alas Australia di pinggir barat Kepulauan Kai telah mengangkat dan memunculkan batuan-alas tersebut ke permukaan laut membentuk P. Kur dan P. Fadol. Kepulauan Kai bagian Tengah tersusun oleh batuan sedimen pinggir Benua Australia yang tersirapkan, dan Kepulauan Kai

Barat dikuasai oleh sesar-sesar naik belakang (*backthrust*) yang memotong batuan-alas Benua Australia. Bagian barat Kepulauan Kai yang berbatasan dengan Cekungan Weber ditafsirkan sebagai lajur tarikan di daerah busurmuka, terletak di atas tunjaman serta berhubungan dengan tekanan sebelumnya.

• Anomali Residual

Anomali Residual diperoleh dengan menerapkan metode *Polynomial Surface Fitting* pada data set terkisi. Anomali ini diperlukan mengetahui dan memperjelas keberadaan struktur-struktur dangkal (*shallow efect*).

Peta anomali Residual memperlihatkan pola sebaran variasi respon anomali lateral yang kurang halus dibandingkan respon anomali regionalnya di daerah penelitian dengan rentang nilai anomali berkisar antara -70 mGal hingga +60 mGal. Sebaran anomali tinggi pada peta ditunjukkan warna kuning, merah sampai putih dengan rentang nilai anomali berkisar +10 mGal hingga +65 mGal dengan pola anomali berarah utara-selatan, timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara yang membentuk punggungan anomali yang tersebar di daerah penelitian menempati cekungan Weber, disekitar P. Kai Kecil dan P. Kai Besar. Sedangkan sebaran anomali rendah pada peta ditunjukkan warna biru muda sampai tua dengan rentang nilai anomali -70 mGal hingga +9 mGal. Nilai anomali tinggi pada peta anomali residual daerah penelitian, diinterpretasikan tinggian (*basement high*) yang membatasi cekungan yang satu dengan cekungan lainnya seperti cekungan Weber dan cekungan Aru, sedangkan anomali rendah diduga sebagai deposenter dari sub cekungan yang ada pada cekungan utama.

Pola tinggian yang dapat ditarik dari anomali residual gayaberat mempunyai arah tegak lurus dengan arah tumbukan dari lempeng tepi benua Australia. Secara tektonika tinggian ini kemungkinan terbentuk karena adanya gaya dorong dari arah tenggara cekungan Aru yang berasal dari Australia menumbuk lempeng Banda yang mempunyai kontras rapatmassa yang tinggi sehingga terbentuklah struktur tinggian dengan arah relatif relatif utara-selatan, timurlaut-

baratdaya dan baratlaut-tenggara daerah penelitian. Struktur sesar terbentuk diduga karena adanya zona lemah yang terdapat pada cekungan Aru yang mengalami tekanan sehingga zona tersebut mengalami pergerakan.

Pada Gambar 8 terlihat bahwa pola sub cekungan yang dapat dideteksi dari pola residual

beku dengan rapatmassa $> 2,67 \text{ gr/cm}^3$, juga beberapa depresi atau cekungan sedimen yang dalam dan mempunyai rapatmassa $< 2,67 \text{ gr/cm}^3$.

Berdasarkan peta anomali Regional pada Gambar 9, pola anomali regional memperlihatkan adanya repon regional di daerah penelitian dengan

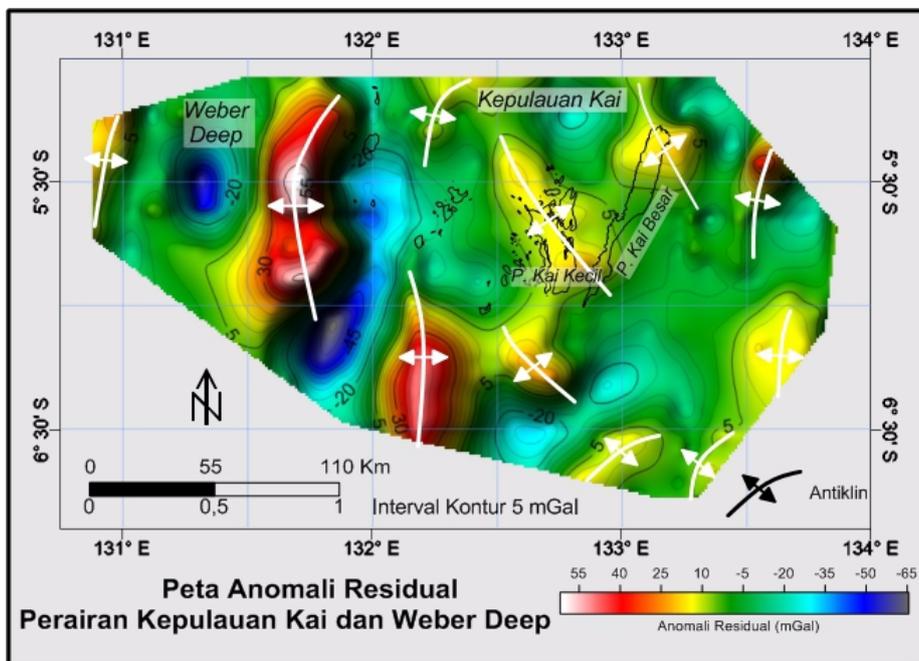
rentang nilai anomali berkisar antara $+20 \text{ mGal}$ hingga $+320 \text{ mGal}$. Tampak pada peta adanya gradasi pola sebaran anomali gayaberat dari tinggi ke rendah yaitu relatif dari barat menuju ke timur. Sebaran anomali rendah pada peta ditunjukkan warna biru muda sampai tua dengan nilai anomali kurang dari $+129 \text{ mGal}$. Sebaran anomali sedang sampai tinggi yang pada peta ditunjukkan warna hijau sampai merah muda dengan rentang nilai anomali berkisar antara $+130 \text{ mGal}$ hingga $+320 \text{ mGal}$. Pola anomali regional ini menggambarkan pengaruh dari struktur

gayaberat yang mempunyai arah relatif utara-selatan, hal ini sesuai dengan pola bukaan (*rifting*) yang terjadi didaerah tersebut.

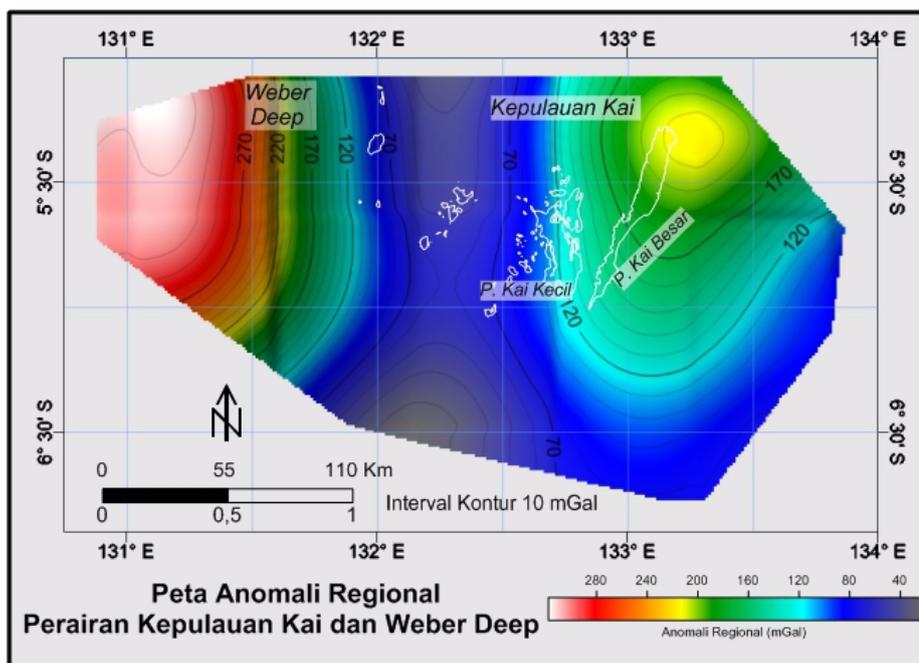
batuan pada posisi yang lebih dalam skala kerak hingga kerak bawah (*lower crust*).

• Anomali Regional

Anomali Regional dihasilkan melalui pengurangan anomali Bouguer terhadap anomali Residual. Anomali Regional dimaksudkan untuk mengurangi sifat ketidaknikan (*ambiguity*) hasil pemodelan penampang anomali Bouguer. Penyebab keadaan ini adalah massa kerak yang mempunyai rapatmassa yang lebih besar dari kerak rata-rata ($2,67 \text{ gr/cm}^3$) seperti beberapa intrusi batuan



Gambar 8. Peta Anomali Residual di Perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya

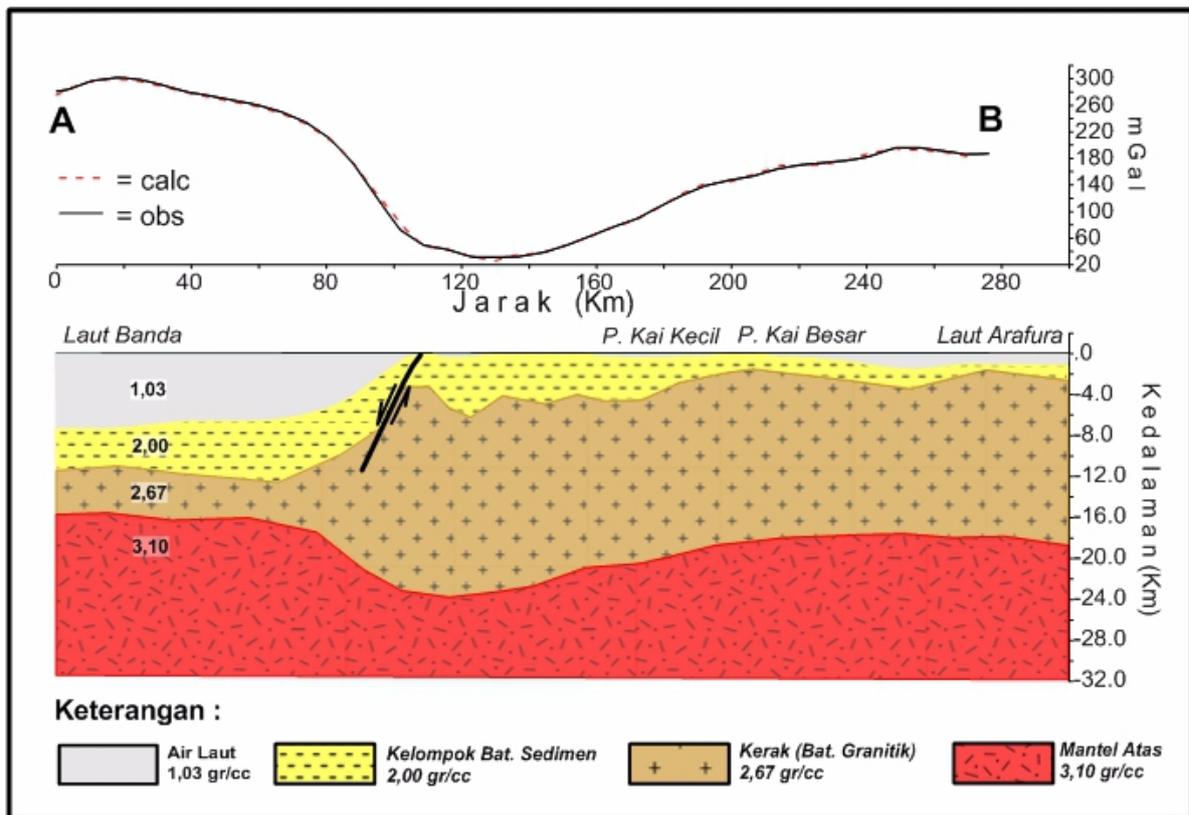


Gambar 9. Peta Anomali Regional di Perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya

- **Analisis Kuantitatif**

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai geologi bawah permukaan di perairan Kepulauan Kai dan sekitarnya, maka di buatlah sebuah pemodelan struktur kerak berdasarkan peta anomali gayaberat Bouguer sesuai Gambar 7. Model penampang A-B merupakan arah penampang pada peta anomali gayaberat Bouguer sepanjang 280 km melintasi cekungan Weber

cm^3 yang mewakili Mantel Atas, kemudian Kerak (diduga kerak kontinen) dengan rapatmasa $2,67 \text{ gr/cm}^3$, kelompok sedimen ditunjukkan oleh batuan dengan rapatmasa $2,00 \text{ gr/cm}^3$ dan rapatmasa $1,03 \text{ gr/cm}^3$. Dimulai dari bagian tengah lintasan terdapat landaian mendatar yang naik secara tajam ke arah barat sepanjang kurang lebih 100 km, dari $+30 \text{ mGal}$ hingga mencapai $+300 \text{ mGal}$ akibat pengaruh massa air laut dengan



Gambar 10. Model Struktur Kerak Sepanjang Lintasan A – B

(Weber Deep) di bagian barat sampai Pulau Kai Besar di bagian timurlaut daerah penelitian. Dari Model penampang gayaberat dengan arah tegak lurus poros utama cekungan Weber dan Palung Aru akan nampak kedua sayap timur-barat cekungan ini, tidak simetris, sehingga sayap timur terlihat relatif curam sedangkan sayap barat relatif landai.

Berdasarkan hasil model penampang pada Gambar 10, anomali tinggi positif ($+280 \text{ mGal}$) menempati bagian barat sampai tengah lintasan, sedangkan anomali rendah positif (hingga $+30 \text{ mGal}$) menempati bagian timur, tetapi di bagian tengah anomali Bouguer ($+30 \text{ mGal}$) naik ke arah barat maupun ke arah timur lintasan dengan landaian mendatar yang berbeda. Dalam model penampang gayaberat dengan rapatmasa $3,10 \text{ gr/}$

rapatmasa air laut $1,03 \text{ gr/cm}^3$ dengan kedalaman sekitar 7 km di bawah cekungan Weber. Sedangkan terdapat landaian mendatar yang naik ke arah timur lintasan sepanjang kurang lebih 120 km dari 30 mGal hingga mencapai $+200 \text{ mGal}$ di utara P. Kai Besar. Ditemukan adanya sesar yang cukup dalam di lintasan 80-100 km akibat adanya landaian datar yang sangat terjal (lebih kurang 7 mGal/km) yang membatasi ujung kanan Cekungan Weber.

Cekungan Weber di sebelah barat Kepulauan Kai dengan kedalaman air laut kurang lebih 7 km merupakan jalur tarikan timur-barat kedua yang masih aktif. Penarikan timur-barat di Palung Aru dan Cekungan Weber dan penunjaman di sekeliling Busur Banda yang berlangsung sejak Pliosen. Tumbukan Lempeng Australia ke utara dengan Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik selama

Plistosen-Resen menyebabkan terjadinya gaya tekan utara-selatan yang memotong Laut Banda (Charlton, T.R., dkk.1991).

Tingginya nilai anomali Bouguer di daerah ini (sekitar +280 mGal) dan data bias gempunya (Bowin dkk.,1980) mencirikan kerak kontinen yang ada dibawah cekungan menipis (sekitar 3-4 km) dibandingkan dengan kerak kontinen di daerah Kepulauan Kai dan busur gunungapi Banda disebelahnya. Sedangkan kedalaman Mantel Atas diduga sangat dalam (sekitar 15 km) dan air laut. Mantel Atas mendasari Cekungan Weber adalah sumber utama yang menyebabkan nilai tinggi anomali Bouguer. Hal ini dipengaruhi air laut di bawah cekungan Weber dengan kedalaman sekitar 7 km dengan rapatmassa $1,03 \text{ gr/cm}^3$. Berdasarkan analisis pemodelan penampang A-B, kedalaman Mantel Atas berkisar antara 15 km di ujung barat cekungan dan 18 km di ujung timurlaut penampang. Tebal Kerak kontinen bagian bawah di perairan Kepulauan Kai Tengah dan Barat yang ditunjukkan oleh rendah nilai anomali gayaberat yang berpusat di bagian tengah barat Kepulauan Kai, lebih kurang sama dengan tebal kerak kontinen sejenis yang ada di bawah paparan Aru. Adanya penebalan kelompok batuan Sedimen yang berada di ujung bagian barat lintasan diduga disebabkan oleh proses tektonik yang kuat di daerah ini. Ketebalan kelompok sedimen di daerah ini diperkirakan 3 - 4 km.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi anomali gayaberat perairan kepulauan Kai dan sekitarnya menunjukkan bahwa anomali tinggi berada pada ujung bagian sebelah barat dan timurlaut daerah penelitian memanjang dan melingkar dengan arah relatif utara-selatan dan timurlaut-baratdaya, sedangkan anomali rendah menempati daerah tengah memanjang dengan arah relatif utara-selatan dan barat-timur di bagian ujung tenggara daerah penelitian.

Secara umum nilai anomali gayaberat Bouguer berkisar antara +0 mGal hingga +340 mGal. Anomali tinggi ditemukan di cekungan Weber atau Weber Deep di bagian barat daerah penelitian. Cekungan ini berbentuk melingkar dikelilingi bulatan anomali yang berkisar antara +250 mGal hingga +300 mGal.

Pola tinggian yang terdapat pada daerah penelitian mempunyai arah tegak lurus dengan arah tumbukan dari lempeng tepi benua Australia. Secara tektonika tinggian ini kemungkinan

terbentuk karena adanya gaya dorong dari arah tenggara cekungan Aru yang berasal dari Australia menumbuk lempeng Banda yang mempunyai kontras rapatmassa yang tinggi sehingga terbentuklah struktur tinggian dengan arah relatif timurlaut-baratdaya. Struktur sesar terbentuk diduga karena adanya zona lemah yang terdapat pada cekungan Aru yang mengalami tekanan sehingga zona tersebut mengalami pergerakan.

Berdasarkan hasil analisis pemodelan penampang A-B diatas bahwa anomali tinggi di bawah cekungan Weber diduga adanya penipisan kerak kontinen (sekitar 4 km) yang menyebabkan cekungan setempat, sehingga terdapat kelompok sedimen setebal 3-4 km akibat tingginya nilai kontur kedalaman laut (sekitar 7 km) dan rapatmassa air laut $1,03 \text{ gr/cm}^3$ di daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan yang telah memberikan kesempatan melaksanakan kegiatan dan mempublikasikan hasil penelitian gayaberat laut di perairan Kepulauan Kai, Maluku. Tidak lupa ucapan terima kasih disampaikan kepada teman-teman tim dan tim editor Jurnal Geologi Kelautan yang telah memberikan saran dan masukan untuk tulisan ini.

DAFTAR ACUAN

- Achdan, A. dan Turkandi, T., 1994, *Peta Geologi Lembar Kai dan Tayandu*, Maluku, Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bowin, C., G.M. Purdy, C. Johnston, G.G. Shor, L. Lawver, H.M.S. Hartono & P. Jezek, 1980. Arc-continent collision in the Banda Sea region, *Bull. Am. Assoc. Geol.* 64, 868-915.
- Charlton, T.R., Kaye, S.J., Samodra, H. & Sardjono 1991. *Geology of the Kai islands: implications for the evolution of the Aru Trough and the Weber Basin, Banda Arc, Indonesia*. Marine and Petroleum Geology 8, 63-69.
- Charlton, T.R. 2004. The Petroleum Potential of Inversion Anticlines in the Banda Arc. *AAPG Bulletin* 88, 565-586.
- De Smet, M.E.M., 1999, *On The Origin of The Outer Banda Arc, Tectonics and Sedimentation of Indonesia*, Proc. Of The Geology of Indonesia Book 50th Ann. Mem

- Sem. Authored by R.W. van Bemmelen, ed. By H.Darman & F.H. Sidi, 81 pp.
- Hartono, H.M.S., 1990. Terbentuknya Busur Vulkanik Banda, Geologi Indonesia, *Majalah IAGI*, 13,(2):105-112.
- Hall, R., J.R. Ali. C.D. Anderson and S.J. Baker 1995, Origin and Motion History of The Philippine Sea Plate, *Tectonophysics*, Volume 251, Issues 1-4, 15 December 1995, pp. 229-250.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesia Region*, U.S. Geol. Surv. Prof.Prop. 1078.
- Lapouille, A., Haryono, H., Laure, M., Pramumijoyo, S., and Lardy, M., 1985. Age and origin of seafloor of the Banda Sea (Eastern Indonesia). *Oceanologica Acta* 8, pp 379-389.
- Metcalf, I., 1998. Paleozoic and Mesozoic Geological Evolution of The SE Asian Region : *Multidisciplinary Constrains an Implication for Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*, pp. 25-4, eds. Robert Hall and Jeremy Bacbuys Publisher, Leiden.
- Pedley, R.C. 1991. *Interactive 2.5D Gravity and Magnetic Modelling Program (Gravmag) User Manual*. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys. D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.

