

**Konfigurasi Geologi Bawah Permukaan Cekungan Sedimen
Daerah Longbia-Muarawahau, Kalimantan Timur,
Berdasarkan Analisa Anomali Gayaberat**

*Geological Sedimentary Basin Subsurface Configuration
Based on the Gravity Anomaly in Longbia- Muarawahau Areas,
East Kalimantan*

Budi Setyanta

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung, 40122

e-mail : budsetyantobud@gmail.com

Naskah diterima : 5 Februari 2016, Revisi terakhir : 9 September 2016, Disetujui : 26 September 2016

Abstrak - Peta anomali Bouguer Lembar Longbia-Muarawahau memperlihatkan kenampakan daerah rendahan dan daerah tinggian dengan beberapa daerah *spot-spot* bulatan kecil anomali positif. Dua model bawah permukaan geologi AB dan CD berdasarkan data gayaberat memperlihatkan bahwa batuan alas daerah ini adalah kerak granitik dan fragmen-fragmen ofiolit. Model bawah permukaan geologi CE dibuat untuk menjelaskan geodinamika daerah tersebut. Model bawah permukaan gayaberat yang berbasis tektonik kompresi dan sesar-sesar anjak cocok untuk diterapkan di daerah Longbia-Muarawahau karena sesuai dengan perkembangan tektonik di kawasan Laut Cina Selatan dan Selat Makassar. Cekungan sedimen yang terbentuk di bagian barat lebih disebabkan oleh lenturan bagian bawah yang diikuti sedimentasi.

Kata Kunci : Anomali Bouguer, model bawah permukaan gayaberat, geodinamika, tektonik kompresi

Abstract - The Bouguer anomaly map of the Longbia – Muarawahau Quadrangle depicts low and high areas with some spotted spherical areas of positive anomaly. The subsurface geological models AB and CD based on gravity data suggest that the basement is composed of granitic rock and ophiolite fragments. The subsurface gravity data based on compression tectonics and thrusting is suitable to be applied for the Longbia – Muarawahau area since it is in accordance with tectonic development of the South China Sea and Makassar Strait. The sedimentary basin which was formed in western area is caused by palstic deformation of the lower part of the crust which was followed by sedimentation.

Keywords : Anomali Bouguer, gravity sub-surface modelling, geodynamics Compression Tectonic

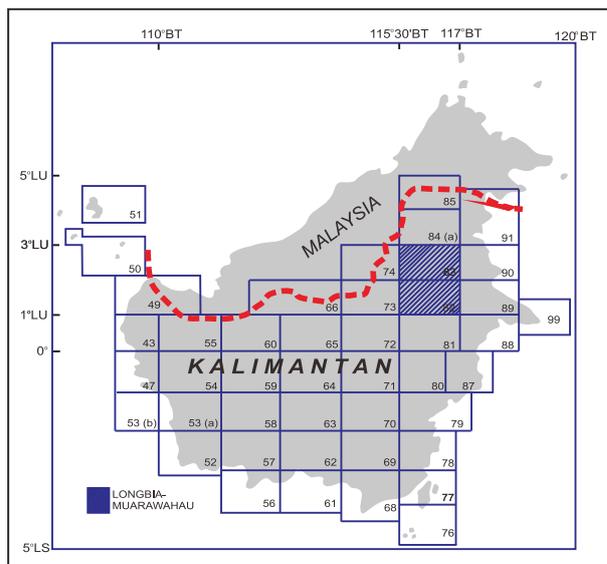
PENDAHULUAN

Gayaberat daerah Longbia dan Muarawahau telah dipetakan oleh Pusat Survei Geologi pada tahun anggaran 2004 dengan menggunakan helikopter sebagai sarana transportasi. Dari kegiatan pemetaan tersebut diantaranya telah menghasilkan penerbitan dua lembar peta yang cukup baik distribusi titik-titik pengamatannya, yaitu lembar Longbia atau Napaku (Nasution & Sobari, 2005) dan lembar Muarawahau (Sobari, drr, 2005). Kedua lembar peta tersebut terletak pada koordinat 115° 30' – 117° 00' BT, 1° 00' – 3° 00' LU (Gambar 1) dan mempunyai pola arah kontur yang hampir sama. Analisa gayaberat kedua lembar peta tersebut dan estimasi rapat massa batuan menghasilkan model 2 dimensi geologi bawah permukaan yang dapat merekonstruksi tektonik dan konfigurasi cekungan berdasarkan data gayaberat. Tujuan selanjutnya adalah membuat suatu model geodinamika daerah ini sehingga dapat memberikan suatu postulasi hubungan antara tataan tektonik dengan proses pengendapan.

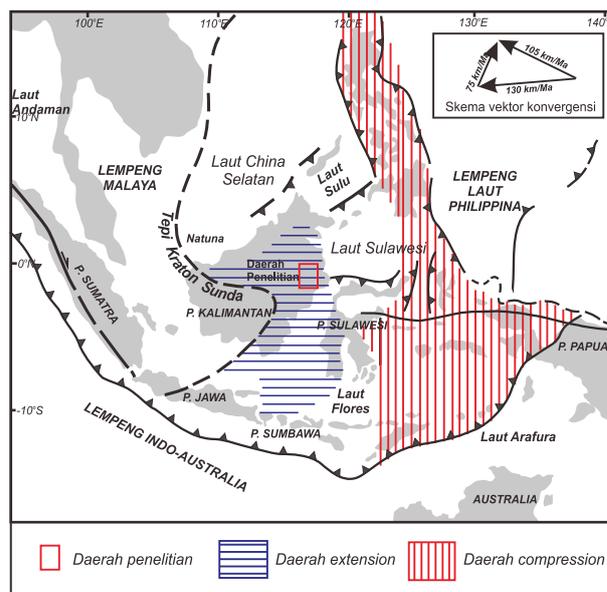
Geologi Regional

Telah banyak para ahli geologi yang melakukan penelitian berbagai aspek kebumihan daerah Kalimantan khususnya mengenai latarbelakang tektonik kaitannya dengan mendala geologi regional Asia Tenggara. Diantaranya adalah Hamilton (1974,1979), Hutchinson (1989, 1996), Daly, *et al.* (1991), Hall & Nichols, 2002 dalam Santi & Panggabean, 2013 dan Setyanta, drr, (2008).

Namun demikian kesimpulan yang dihasilkan dari para ahli kebumihan tersebut masih mengundang perdebatan panjang, walaupun semuanya bertolak dari konsep yang sama yaitu bahwa perkembangan tektonik regional Kalimantan berkaitan dengan kinematika tiga lempeng utama bumi (*triple junction*, Baharuddin, 2011). Ketiga lempeng tersebut adalah Lempeng Samudra Pasifik (diwakili Lempeng Laut Philipina), Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Interaksi ketiga lempeng tersebut menghasilkan wilayah-wilayah regangan dan mampatan regional di Kalimantan (Sardjono, 1999, Gambar 2). Secara litologi, Pulau Kalimantan tersusun oleh dua kelompok utama batuan yaitu kelompok batuan berumur Paleozoikum dan batuan berumur Kenozoikum (Hall & Nichols, 2002, dalam Santi & Panggabean, 2013, Gambar 3). Menurut Hutchison, (1989) bagian barat Kalimantan dialasi oleh batuan Pra-Kapur Kontinen Sunda, sedangkan bagian timur sebagian dialasi oleh kerak samudra. Batuan alas bagian timur berbentuk bongkah-bongkah ofiolit kerak samudra yang menumpang di atas kerak kontinen (Setyanta, drr, 2008, Malecek, *et al*, 1993, Haile, *et al*,



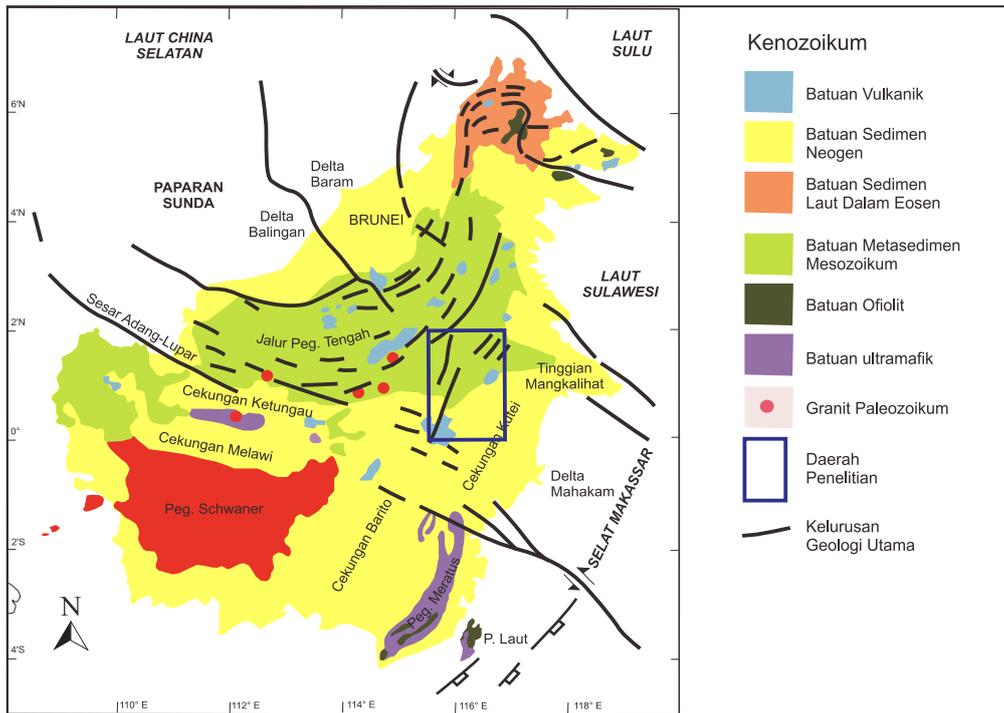
Gambar 1. Letak daerah Longbia-Muarawahau terhadap Indeks penerbitan peta Anomali Bouguer Pulau Kalimantan skala 1 : 250.000 oleh : Pusat Survei Geologi.



Sumber: Modifikasi Sardjono, 1999

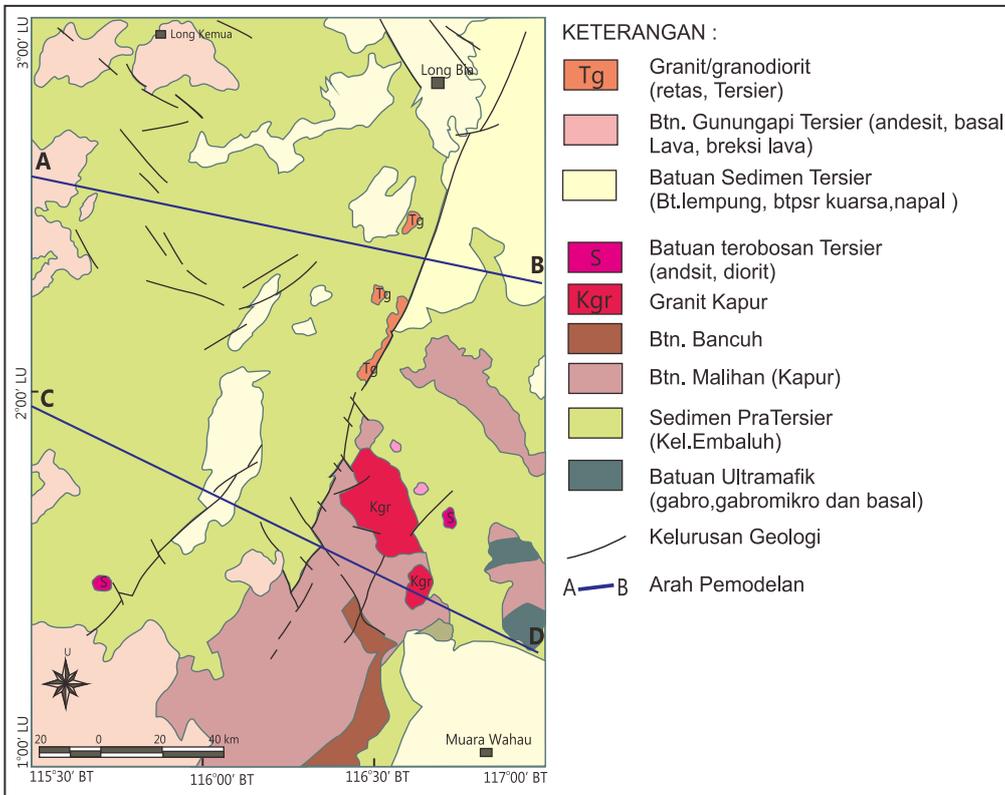
Gambar 2. Lokasi daerah penelitian dan kerangka tektonik regional Indonesia dan sekitarnya.

1977). Sedangkan daerah Longbia-Muarawahau sendiri sebagian besar wilayahnya tersusun oleh batuan sedimen dan basemen Pra Paleogen yang di atasnya secara tidak selaras ditumpangi oleh batuan sedimen Paleogen-Neogen (Heryanto & Abidin, 1995, Supriatna & Abidin, 1995, Gambar 4). Di beberapa tempat batuan-batuan sedimen tersebut secara sporadis diterobos oleh retas berumur Paleogen-Neogen seperti andesit, diorit, granit atau garnodiorit (Pieters & Supriatna, 1990, Supriatna & Abidin, 1995).



Sumber: Hall & Nichols, 2002, dalam Santy & Panggabean, 2013

Gambar 3. Peta distribusi litologi Kalimantan dan lokasi daerah penelitian penulis.



Sumber : Disederhanakan dari Heryanto & Abidin, 1995, Supriata & Abidin, 1995.

Gambar 4. Peta Geologi daerah Longbia - Muarawahau dan sekitarnya, Kalimantan.

Pada Yura-Kapur, di daerah penelitian terjadi intrusi granit besar-besaran akibat pertumbuhan kontinen yang berlanjut dengan tersubduksinya Lempeng Laut Philipina ke arah barat-laut (ke arah Lempeng Kontinen Sunda) pada awal Kapur (Hamilton, 1979). Keadaan tersebut berkaitan dengan terbentuknya batuan-batuan Paleogen-Neogen Pulau Kalimantan yang terdiri dari batuan metamorf (Kelompok Telen-Kelinjau), sediment (Kelompok Embaluh), ofiolit-ultramafik dan batuan beku granit (Heryanto & Abidin, 1995, Supriatna & Abidin, 1995, Tanean, *et al.*, 1996). Batuan-batuan Paleogen-Neogen ini bersama dengan batuan alas berpengaruh pada ekspresi anomali gayaberat secara umum di mana kawasan dengan batuan alas kontinen mempunyai nilai anomali lebih rendah dibandingkan kawasan dengan batuan alas oseanik atau kerak samudra. Berdasarkan model gayaberat regional oleh Untung, (1990 dalam Pieters & Supriatna, 1990) daerah timur utara Kalimantan dilandasi oleh batuan yang bersifat kerak samudra. Namun demikian menurut Schwartz (1973, dalam Kusumadinata, 1990) anomali gayaberat isostatik positif yang ditunjukkan masih menggambarkan keadaan di atas tingkat penyesuaian isostatik akibat *rifting* di Selat Makassar. Sementara itu Malecek, *et al.*, (1993), dengan data magnetik menyimpulkan bahwa batuan alas yang melandasi bagian utara Pulau Kalimantan adalah kerak samudra sedangkan di bagian selatan dilandasi oleh kerak benua. Kedua pertemuan kerak tersebut dibatasi oleh sesar mendatar mengiri Adang-Lupar. Namun demikian kesimpulan ini masih harus dibuktikan dengan data gayaberat dan diperlukan penjelasan secara geologi tentang kondisi tersebut.

Metode Gayaberat

Prinsip dasar metoda gayaberat bersumber pada hukum Newton tentang gravitasi, yang menyatakan bahwa besarnya gaya tarik-menarik (F) antara dua buah partikel yang mempunyai massa m_1 dan m_2 dengan jarak antara kedua titik pusat massa tersebut r , adalah : $F = m_1.m_2/r^2$. Nilai gayaberat di daerah Longbia dan Muarawahau diukur dengan Gravimeter LaCoste & Romberg Model G 240 dengan ketelitian mencapai 0,01 mGal. Nilai gayaberat di kedua daerah tersebut terikat terhadap titik pangkal gayaberat di BC Segah, Kabupaten Berau (117°06' 36,90" BT dan 2°11'13,10" LU, Sobari, dr, 2005, Nasution & Sobari, 2005).

Peta Anomali Bouguer pada hakekatnya memantulkan semua massa di bawah permukaan, termasuk batuan alas. Pola kontur yang dicerminkannya tergantung dari distribusi massa di bawah permukaan serta struktur yang dibentuknya, baik struktur batuan alas maupun struktur batuan dangkal di atasnya. Namun demikian

distribusi rapat massa batuan secara lateral-lah yang berpengaruh besar terhadap perbedaan nilai Anomali Bouguer (Telford, *et al.*, 1990). Apabila dirumuskan, Anomali Bouguer adalah selisih antara harga gayaberat yang diamati dengan harga gayaberat normal (gayaberat teoritis) setelah dikoreksi dengan beberapa koreksi. Kemudian nilai Anomali Bouguer hasil perhitungan dan koordinat titik pengamatan dimasukkan dalam program komputer untuk proses pembuatan peta Anomali Bouguer Lembar Longbia dan Muarawahau, dengan skala 1 : 250.000.

Anomali sisa gayaberat dapat diperoleh dengan cara memisahkan pengaruh anomali lokal dari anomali regional secara grafis atau secara analisis (Dobrin, 1960, Hays, 1976) dan saat ini pemisahan secara grafis untuk menghasilkan peta anomali sisa gayaberat sudah bisa dilakukan dengan menggunakan program komputer secara mudah (Hinze, *et al.*, 2013).

Penafsiran gayaberat yang berhubungan dengan cekungan sedimen dan model tektoniknya dilakukan dengan membuat penampang-penampang bawah permukaan gaya berat dari peta Anomali Bouguer. Dasar dari metoda penafsiran ini pertama kali dikemukakan oleh Morgan & Faessler (1972) yang menggunakan *two dimensional dot chart* dalam pembagian kompartemen bawah permukaan. Saat ini sudah banyak perangkat lunak dalam komputer yang dapat membantu dalam pemodelan bawah permukaan gayaberat seperti GravMag, OasisMontaj, ModelVision, dan lain-lain. Perangkat lunak tersebut dipergunakan untuk menghitung anomali gayaberat yang diakibatkan oleh geometri poligon-poligon dibawah bidang acuan (muka laut rata-rata) dengan pemilihan nilai rapatmassa batuan berdasarkan acuan yang telah dibuat oleh Telford, *et al.*, (1976, dalam Buyung, 1994, Tabel 1).

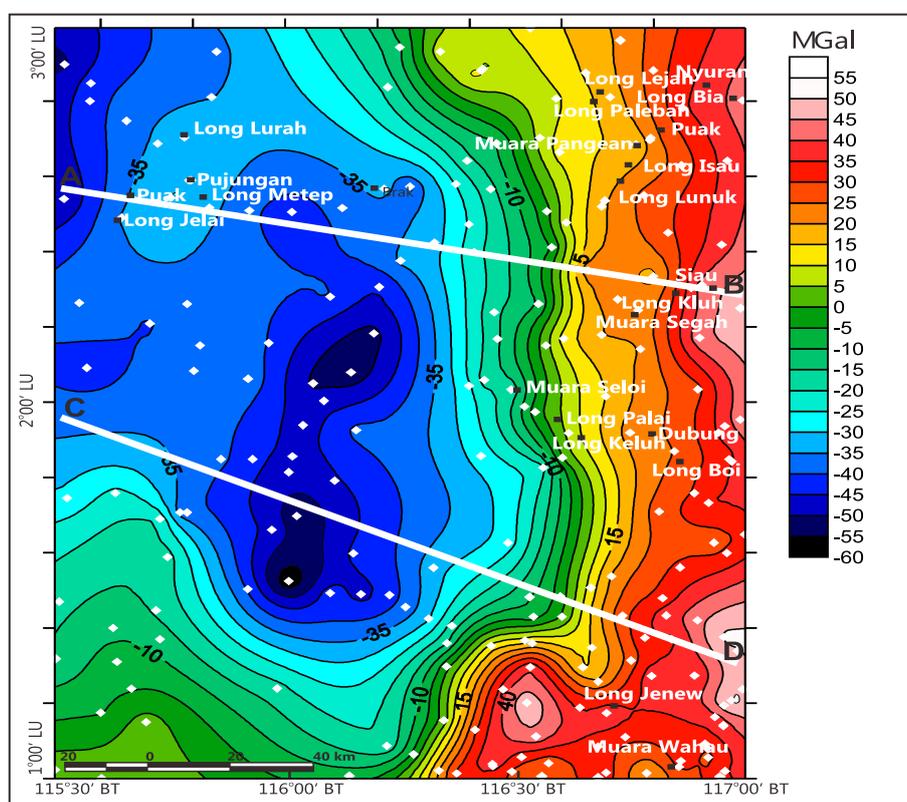
Medan Gayaberat Bouguer Daerah Longbia-Muarawahau dan Penafsirannya

Anomali Bouguer yang terlihat pada peta Lembar Longbia dan Muarawahau (Gambar 5) secara umum memperlihatkan pola anomali yang menjurus utara-selatan, tetapi di bagian selatan tren anomali membelok dan pola berganti arah timur laut-baratdaya. Di bagian tengah hingga ke barat, yaitu di antara koordinat 115°30' BT sampai 116°40"BT dan 3°00"LU sampai 1°00" LU anomali membentuk lembah negatif anomali dengan kisaran nilai antara -60 mGal hingga 5 mGal, sedangkan di bagian timur, di sekitar 115°40' BT sampai 117°00"BT dan 3°00" LU sampai 1°00"LU nilai anomali cenderung terus meninggi ke arah timur dengan landaian cukup

Tabel 1. Daftar Rapat Massa Rata-Rata Batuan dalam Keadaan Jenuh Air dalam gr/cc

| 1. Batuan Sedimen | 2. Batuan Beku | 3. Batuan Malihan | | | |
|-------------------|----------------|----------------------------|------|--------------------------|------|
| Aluvial | 1,98 | Riolit | 2,52 | Kuarsit | 2,60 |
| Batulempung | 2,21 | Trasit | 2,60 | Sekis | 2,64 |
| Glacial Drift | 1,80 | Andesit | 2,61 | Grewak | 2,65 |
| Gravels | 2,00 | Granit | 2,64 | Granulit | 2,65 |
| Loess | 1,64 | Granodiorit | 2,73 | Phyllite | 2,74 |
| Pasir lepas | 2,00 | Phorphyry | 2,74 | Marmer | 2,75 |
| Pasir dan lempung | 2,10 | Sienit | 2,77 | Quartzitic-Slate | 2,77 |
| Silt | 1,93 | Diorit-kuarsa | 2,79 | Serpentenit | 2,78 |
| Soil | 1,92 | Diorit | 2,85 | Slate | 2,79 |
| Batupasir | 2,35 | Lava | 2,90 | Genis | 2,80 |
| Shales | 2,40 | Diabas | 2,91 | Chloritic-slate | 2,87 |
| Batugamping | 2,55 | Basal | 2,99 | Ampibolit | 2,96 |
| Dolomit | 2,70 | Gabro | 3,03 | Ekoglit | 3,37 |
| | | Gabro-hornblenda | 3,08 | Rata-rata batuan malihan | 2,74 |
| | | Peridotit | 3,15 | | |
| | | Piroksenit | 3,17 | | |
| | | Rata-rata batuan beku asam | 2,61 | | |
| | | Rata-rata batuan beku basa | 2,79 | | |

Sumber : Diambil dari Telford, et al, 1976, dalam Buyung, 1994.



Sumber: Nasution & Sobari, 2005; dan Sobari, dr., 2005

Gambar 5. Peta Anomali Bouguer daerah Longbia-Muarawahau, Kalimantan. Garis AB dan CD adalah arah penampang pemodelan bawah permukaan gayaberat, titik putih adalah lokasi pengamatan gayaberat.

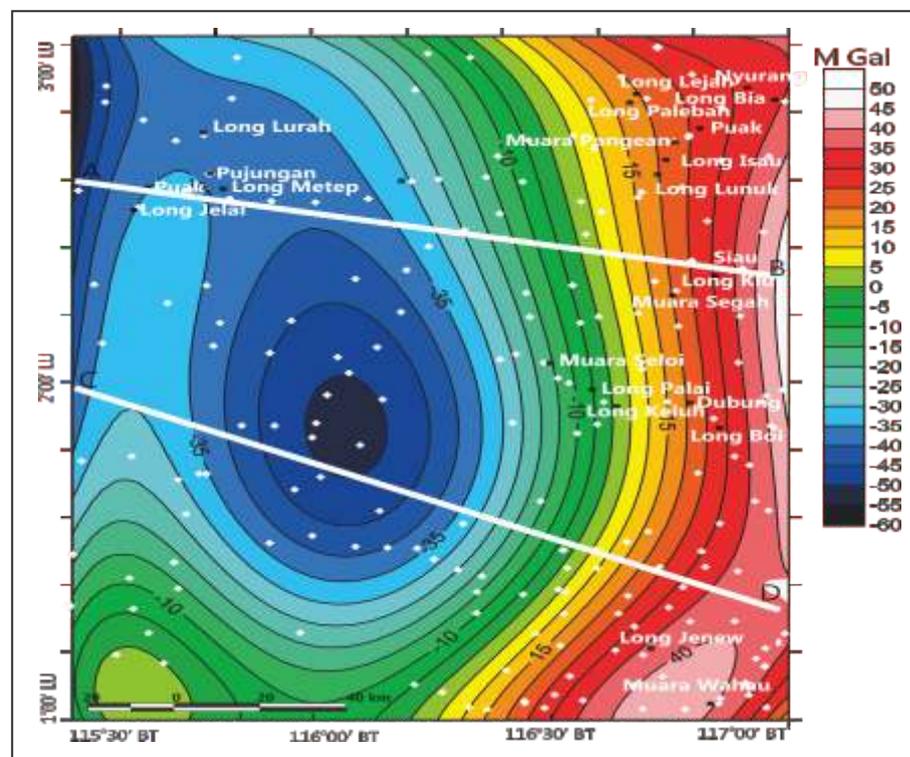
tajam di mana kisaran nilai anomalnya berkisar dari 5 mGal hingga 55 mGal. Berdasarkan kisaran nilai di atas, secara garis besar anomali dapat dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama yakni kelompok anomali yang membentuk lembah anomali dengan kisaran nilai sekitar -60 hingga 5 mGal berpola lingkaran besar dan terletak di bagian barat. Kelompok

kedua adalah kelompok kontur anomali tinggi berbentuk lajur-lajur di bagian timur dengan kisaran nilai antara 5 hingga 50 mGal. Lembah anomali di bagian barat ditafsirkan merupakan refleksi dari cekungan sedimentasi yang tersusun oleh lapisan batuan Paleogen-Neogen yang cukup tebal (Kelompok Embaluh, Heryanto & Abidin, 1995, Supriatna & Abidin, 1995).

Tinggian anomali di bagian timur diperkirakan merupakan refleksi dari batuan ultramafik yang merupakan bongkah-bongkah kerak samudra yang naik ke permukaan bersama-sama dengan batuan bancuh (Bancuh Telen-Kelinjau, Heryanto & Abidin, 1995, Supriatna & Abidin, 1995). Perbedaan nilai anomali di antara kedua blok ini dipisahkan oleh ketidaksinambungan rapat massa dari suatu bongkahan (*block discontinuity*) yang kemungkinan besar adalah bidang suatu sesar dengan arah relatif utara timur laut-selatan baratdaya. Data kegempaan menyebutkan bahwa blok-blok ini sudah tidak mengalami pergerakan atau mungkin saja masih berlangsung tetapi dengan kecepatan sangat rendah (Kertapati, dr., 1992). Hal yang menjadi perhatian juga adalah anomali yang sedikit terganggu di bagian selatan yaitu di sekitar Long Jenew di mana bentuknya berubah secara tajam dari lajur-lajur menjadi bulatan-bulatan kecil anomali positif (Gambar 5).

Kenampakan adanya lembah anomali dan tinggian anomali pada peta anomali regional maupun peta anomali Bouguer, secara umum masih terlihat baik, yaitu lembah anomali di bagian barat dan tinggian anomali di bagian timur (Gambar 5 dan 6). Pada peta anomali sisa kenampakan tersebut sudah tidak terlihat, tetapi muncul bulatan-bulatan kecil tinggian anomali yang ditafsirkan

merupakan pengaruh batuan-batuan dengan rapat masa tinggi, sedangkan bulatan-bulatan kecil rendahan anomali ditafsirkan sebagai sub-sub cekungan atau sedimentasi yang relatif lebih tebal (Gambar 7). Kelurusan geologi yang terlihat pada anomali Bouguer, masih terlihat pada anomali sisa, namun hanya tereksresi dalam bentuk deretan bulatan-bulatan memanjang dengan arah utara selatan (Gambar 7), di mana pada anomali regional bagian ini membentuk lajur anomali yang lebih tegas (Gambar 6). Pada peta anomali sisa, bulatan-bulatan anomali positif di bagian selatan, ternyata makin terlihat jelas dari pada kenampakan pada anomali Bouguer. Hal tersebut menjelaskan bahwa batuan-batuan dengan rapatmasa tinggi di bagian selatan berpengaruh terhadap nilai anomali gayaberat yang diperkirakan adalah fragmen kerak samudra di mana keberadaannya tidak jauh dari permukaan sehingga makin terlihat jelas pada peta anomali sisa. Di samping itu terlihat pula bahwa pembagian dua kelompok anomali tinggi dan anomali rendah yang dibatasi oleh kelurusan geologi yang diperkirakan adalah bidang sesar (ketidaksinambungan bongkah, gambar.8). Dari peta anomali regional hingga peta anomali sisa kelurusan ini masih terlihat sehingga ditafsirkan patahan tersebut merupakan patahan regional yang berkembang dari batuan dasar hingga ke permukaan.



Sumber : Penulis

Gambar 6. Peta Anomali Gayaberat Regional daerah Longbia-Muarawahau, Kalimantan (AB dan CD arah pemodelan bawah permukaan gayaberat, titik putih lokasi pengamatan gayaberat)

Penampang Bawah Permukaan Gayaberat Bouguer

Telah dibuat dua model penampang struktur kerak bawah permukaan berdasarkan analisis data gayaberat Bouguer yaitu arah AB dan CD. Arah penampang tersebut dibuat memotong arah umum jurus (*trend*) kontur anomali yang berarah hampir utara-selatan.

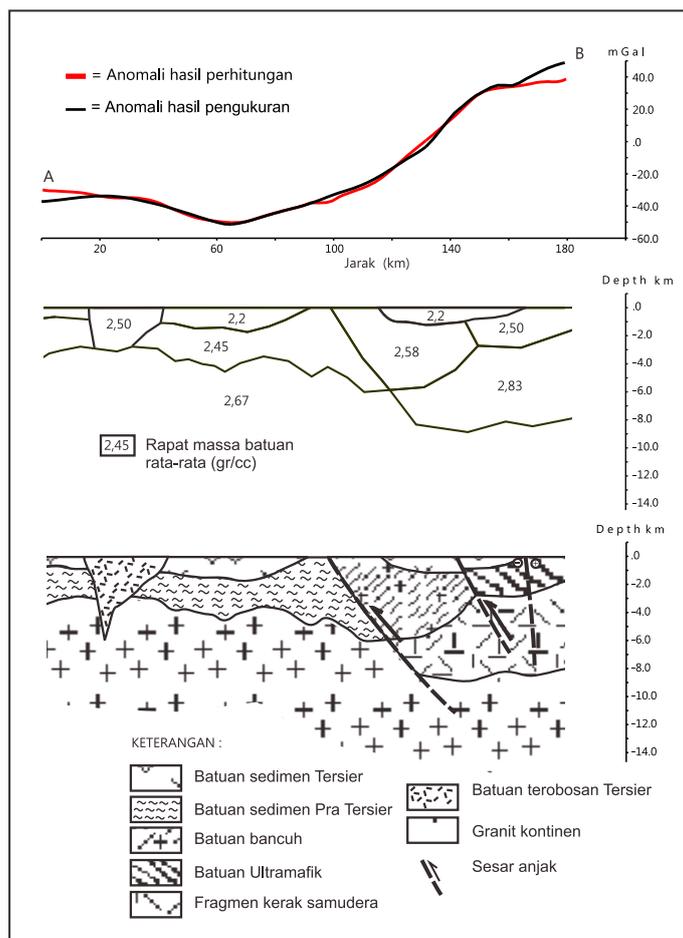
Penampang Bawah Permukaan Gayaberat Bouguer Arah AB

Penampang AB sepanjang kurang lebih 170 km, berarah barat timur dibuat memotong arah umum struktur utama daerah penelitian. Penampang ini memperlihatkan kurva anomali yang terdiri dari tinggian mencapai 45 mGal dan rendahan mencapai -50 mGal (Gambar 9).

Berdasarkan pemilihan nilai rapat massa batuan yang diacu dari Telford, *et al*, (1976, dalam Buyung, 1994, Tabel 1) dan nilai anomalnya, daerah Longbia dan sekitarnya dialasi oleh kerak benua granitan (Kraton

Sunda) yang mempunyai rapat massa sekitar 2,67gr/cc. Berdasarkan pengkajian model dan informasi geologi para penulis terdahulu diantaranya Supriatna & Abidin, (1995), Tanean, *et al*, (1996) dan Pieters and Supriatna, (1990), kerak benua granitan tersebut mengalasi beberapa kelompok atau poligon batuan yaitu :

1. Bagian paling bawah adalah poligon dengan rapat massa rata-rata 2,83 gr/cc. Kelompok batuan ini diperkirakan adalah kelompok batuan ofiolit atau fragmen kerak samudra.
2. Berikutnya adalah poligon dengan rapat massa 2,58 gr/cc. Kelompok batuan ini ditafsirkan sebagai batuan campuraduk (kelompok bancuh)
3. Poligon dengan rapat massa 2,50 gr/cc adalah kelompok batuan ultramafik dan ini merupakan bagian atas kerak samudra.
4. Poligon dengan rapat massa 2,45 adalah batuan sedimen *flysch* Pra Paleogen
5. Poligon dengan rapat massa 2,22 adalah batuan sedimen Paleogen-Neogen Cekungan Kutei.



Sumber : Penulis

Gambar 9. Model geologi bawah permukaan berdasarkan gayaberat arah AB daerah Longbia-Muarawahau, Kalimantan

Lembah anomali sepanjang ± 100 km di bagian barat sayatan diduga cerminan Cekungan Kutei yang berkedalaman mencapai 2 km lebih yang tersusun oleh sedimen *flysch* (Pra Paleogen-Neogen) dan batuan sedimen vulkanik Paleogen-Neogen (Heryanto & Abidin, 1995, Supriatna & Abidin, 1995). Lembah anomali (cekungan sedimen) dengan tinggian di bagian timurnya dibatasi oleh suatu ketidak-sinambungan massa yang diperkirakan adalah sesar naik. Tinggian anomali dari km 100 hingga km 170 yang dimaksud kemungkinan adalah pengaruh batuan berrapat massa tinggi yang terletak dekat permukaan yang diduga kuat adalah fragmen kerak samudra, batuan ultramafik dan kelompok bancuh (Supriatna & Abidin, 1995, Pieters & Supriatna, 1990).

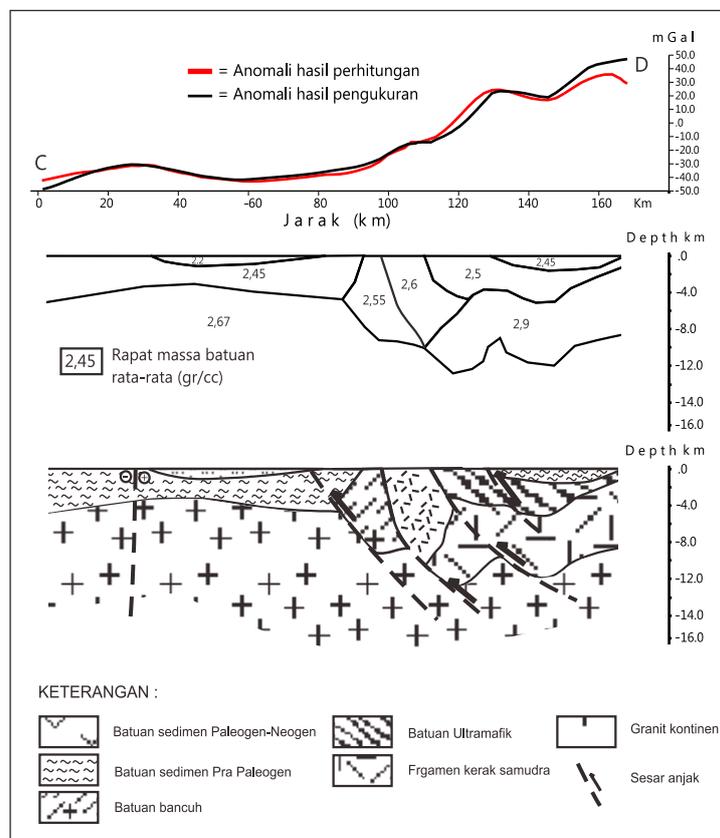
Penampang Bawah Permukaan Gayaberat Bouguer Arah CD

Penampang CD dibuat sepanjang lebih kurang 180 km dengan arah relatif barat-laut-tenggara. Secara regional penampang ini memperlihatkan gelombang anomali yang terdiri dari tinggian mencapai 50 mGal dan rendahan mencapai -40 mGal dengan gelombang-gelombang kecil di bagian ujung timur (Gambar 10).

Elemen atau poligon yang mempengaruhi nilai anomali pada penampang ini adalah :

1. Di bagian paling bawah (batuan alas) adalah poligon dengan rapat massa rata-rata 2,90 gr/cc. Kelompok batuan ini diperkirakan adalah kelompok batuan ofiolit atau fragmen kerak samudra.
2. Di atas fragmen kerak samudra terdapat poligon dengan rapat massa 2,50 gr/cc dan 2,55 gr/cc. Kelompok-kelompok batuan ini ditafsirkan sebagai batuan ultramafik dan batuan campuraduk (kelompok bancuh).
3. Kelompok-kelompok batuan pada poligon di atas diterobos oleh batuan terobosan dengan rapat massa sekitar 2,60 gr/cc.
4. Poligon dengan rapat massa 2,45 adalah batuan sedimen *flysch* Paleogen-Neogen
5. Poligon dengan rapat massa 2,22 adalah batuan sedimen Paleogen-Neogen Cekungan Kutei.

Penjelasan mengenai kurva anomali pada penampang CD, hampir sama dengan penjelasan pada penampang AB. Perbedaannya adalah cekungan sedimen Paleogen-Neogennya sudah agak menyempit yaitu sekitar panjang 45 km (dari km 35 sampai km 80).



Sumber : Penulis

Gambar 10. Model geologi bawah permukaan berdasarkan gayaberat arah CD daerah Longbia-Muarawahau, Kalimantan (tanpa skala).

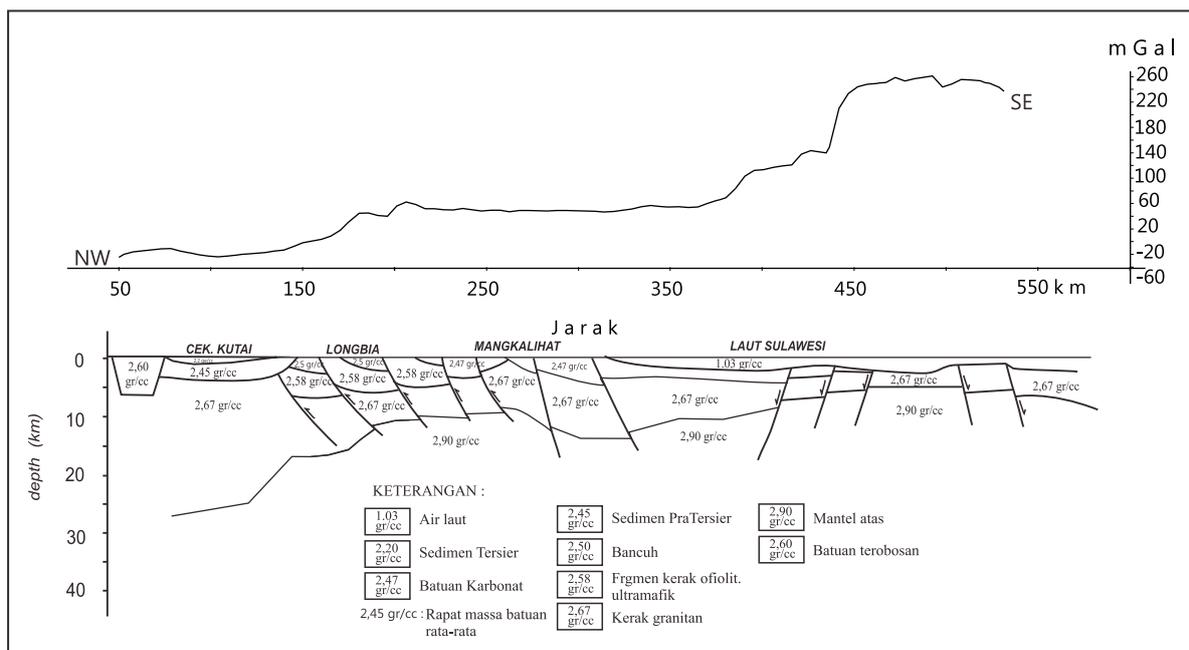
Pengaruh batuan terobosan pada penampang CD sudah mulai terlihat yaitu pada nilai rapat massa batuan ofiolit yang mengalami terobosan bertambah yaitu menjadi 2,9 gr/cc. Sedangkan sesar-sesar naik yang menimbulkan variasi anomali kecil di bagian timur (di daerah tinggian anomali) lebih banyak terlihat.

Evolusi Tektonik Yang Terlihat pada Analisis Model

Penjelasan geodinamika tektonik Pulau Kalimantan, tidak dapat dipisahkan dari geodinamika regional Asia Tenggara secara keseluruhan termasuk Laut China Selatan, Selat Makassar dan Pulau Sulawesi (Tapponnier, *et al.*, 1982, Biantoro, *et al.*, 1992). Dengan demikian untuk menjelaskan geodinamika tersebut, model gayaberat CD telah diperpanjang sampai Laut Sulawesi menjadi model CE (Gambar 11).

Pada mulanya daerah penelitian dilukiskan sebagai daerah berafinitas benua pada kondisi kesetimbangan isostatik dengan rapat massa rata-rata sekitar 2,67 gr/cc. Kemudian sedikit demi sedikit terjadi bukaan (*extensional tectonics*) di bagian Laut China Selatan (di bagian barat-laut, Miranda, *et al.*, 2003) dan bukaan di Laut Sulawesi (Selat Makassar, Sardjono, 1999) di bagian tenggara. Keadaan yang berlangsung terus menerus ini menyebabkan terjadi kompresi (*compressional tectonics*) dari dua arah yang melanda daerah penelitian (segmen AB dan CD) karena dorongan dari baratlaut-tenggara. *Compressional tectonics* terus

menerus dapat mengakibatkan melenturnya kerak yang bersifat kenyal atau *ductile* (Sardjono, 2004, Armitage and Allen, 2010). Sifat kenyal pada kerak bagian bawah menyebabkan deformasi di sebagian daerah di Laut China Selatan dan Selat Makassar sehingga material *upper mantle* naik ke atas dan selanjutnya anomali di daerah ini meninggi (Miranda, *et al.*, 2003, Sardjono, 1999). Dorongan yang terus menerus menyebabkan kerak granitan di bagian barat model penampang melentur ke bawah, sedangkan dari arah timur terbentuk sesar-sesar naik yang membawa material-material batuan ultramafik, kerak samudra dan mantel ke permukaan sehingga nilai anomali ke arah timur cenderung meninggi dengan landaian cukup tajam. Sebaliknya di bagian timur di mana kondisi kerak melentur ke bawah, selalu diikuti oleh sedimentasi di bagian atasnya untuk mengembalikan sistem dalam kesetimbangan isostatik sebagai cikal bakal terbentuknya Cekungan Kutei. Dari penampang yang dibuat (Gambar 8 dan 9) terlihat bahwa batuan-batuan yang mengalami *up-lift* (Kelompok Batuan sedimen Pra Paleogen dan Bancuh Rajang) menjadi sumber (*source provenance uplifted*) batuan sedimen Paleogen-Neogen di blok yang mengalami penurunan basemen di daerah *fore arc*. Di dalam peta batuan sedimen Paleogen-Neogen ditandai dengan konfigurasi lembah rendahan anomali dengan nilai -35 mGal hingga -50 mGal dan pada model digambarkan dalam poligon dengan rapat massa 2,22 gr/cc. Beberapa ahli (Hutchinson, 1996, Tanean, *et al.*, 1996, Pieters & Supriatna, 1990)



Sumber : Penulis

Gambar 11. Model kerak daerah Longbia-Laut Sulawesi berdasarkan gayaberat.

menyebutkan bahwa terbentuknya kelompok bancuh di Longbia-Muarawahau (di bagian timur daerah penelitian) bersamaan dengan terbentuknya sesar-sesar naik di daerah tumbukan pada Jura-Akhir dan lazim disebut Rajang Group yang kemudian mengalami obdaksi seperti yang terlihat dari model gayaberat. Seiring dengan intensitas tektonik yang disertai komponen sesar naik, pada saat kritis dimana material terbentuklah sesar geser regional di daerah penelitian. Model AB dan CD merupakan produk geodinamika seperti yang telah disebutkan di atas. Elemen-elemen tektonik yang mempengaruhi pergerakan kurva anomali Bouguer dalam pemodelan adalah: Batuan alas (*basement*) granitik, material mantel atas, batuan sedimen Paleogen-Neogen dan Pra Paleogen di bagian barat dan batuan ultramafik serta bancuh di bagian timur. Apabila dikaitkan dengan skema sistem konvergensi (*Arc Trench System*), segmen pada penampang CE ini lebih mirip daerah *Back Arc* dan *Fore Arc*, tetapi ada penyusupan fragmen-fragmen *material oceanic* yang berasal dari sebelah timur yang tersingkap di beberapa tempat.

Selain itu pada daerah-daerah yang mengalami pengangkatan yang disertai fragmentasi akibat tektono kinematika tersebut, yaitu di bagian tengah sampai timur, sering diikuti dengan akumulasi berbagai mineral ekonomis yang ikut naik ke atas sebagai akibat lanjut dari termodinamika dengan berbagai variasi tekanan dan suhu. Kemungkinan lain adalah akibat dari fragmentasi kerak dan pengangkatan material-material upper mantel yang dicemari oleh fragmen-fragmen kerak bagian bawah. Dinamika tektonik seperti ini kadang-kadang justru membawa mineral-mineral ekonomis terutama mineral-mineral jarang ke dekat permukaan terbawa oleh pengangkatan material-material upper mantle (Sardjono, 2000). Sedangkan tinggian anomali berbentuk bulatan-bulatan kecil

lonjong yang terlihat pada anomali sisa dan membujur dari Pegunungan Muro-Muyup-Busang sampai Muarawahau bisa jadi merupakan zona prospek mineral di sekitar intrusi-intrusi magmatis (Hartono, 2014).

KESIMPULAN

Secara regional anomali gayaberat Bouguer mempunyai nilai antara -60 mGal hingga 50 mGal. Hal ini memberikan dasar pandangan bahwa daerah Longbia-Muarawahau dialasi oleh kerak kontinen granitan.

Penaikan nilai anomali gayaberat di bagian timur yang mencapai 55 mGal, disebabkan oleh pengaruh batuan alas yang terdiri dari fragmen kerak kontinen dan bancuh yang terobdaksi ke dekat permukaan.

Model bawah permukaan gayaberat yang berbasis tektonik kompresi dan sesar-sesar anjak cocok untuk diterapkan di daerah Longbia-Muarawahau.

Cekungan sedimen yang terbentuk di bagian barat lebih disebabkan oleh lenturan kerak bagian bawah (deformasi plastis) yang diikuti sedimentasi.

Prospeksi mineral jarang cukup bagus di bagian timur, jika dilihat dari terdapatnya deretan bulatan-bulatan kecil tinggian anomali dan penampang bawah permukaan yang memperlihatkan batuan-batuan ultramafik dan fragmen kerak yang naik ke permukaan

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Imam Setiadi, SSi., MT., yang telah membantu pemrosesan dan pembuatan peta gayaberat daerah Longbia-Muarawahau. Demikian juga penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang mengizinkan penerbitan artikel ini.

ACUAN

- Armitage J.J. and Allen P.A., 2010. Cratonic basins and the long-term subsidence history of continental interiors, *Journal of the Geological Society*, Vol:167, p. 61-70
- Baharuddin, 2011. Petrologi dan Geokimia Batuan Gunung Api Paleogen-Neogen Jelai di Daerah Malinau, Kalimantan Timur : Implikasi Tektoniknya, *Jurnal Sumber Daya Geologi*, Vol. 21, No. 4, hal. 203-211.
- Biantoro, E, Muritno, B.P. and Mamuaya, J.M.B., 1992. Inversion faults as the major structural control in the northern part of Kutei Basin, East Kalimantan, *Proceeding 21th annual convention of Indonesian Petroleum Association*, p. 45-68.
- Buyung, N., 1994. Hasil penyelidikan gayaberat regional di Sumatera Wilayah Selatan. *Kumpulan Makalah, Seminar Hasil Penyelidikan Geologi dan Sumber Daya Mineral Sumatera Bagian Selatan*, Direktorat Sumber Daya Mineral-PPPG-BGS, Bandung 23 Maret 1994, hal. 37-60.
- Daly, M.C., Cooper, M.A., Wilson, I., Smith, D.G. and Hooper, B.G.D., 1991. Cenozoic plate tectonics and basins evolutions in Indonesia. *Marine and Petroleum Geology*, v. 8, p. 2-21.
- Daines, S.R., 1985. Structural history of the West Natuna Basin and the tectonic evolution of the Sunda Region. *Proceeding 14th annual convention of Indonesian Petroleum Association*, pp. 39-65.
- Dobrin, M.B., 1960, *Introduction to Geophysical Prospecting*, McGraw Hill Book Co.Inc., New York, second edition, 446pp.
- Hall, R., 1996. Reconstruction of Cenozoic SE Asia, in : Tectonic Evolution of Suetheast Asia, Hall, R. & Blundell, D.J. (eds), *Geological Society of London Special Publication*, 106, p. 153-184.
- Hamilton, W., 1974. *Map of Sedimentary Basins in Indonesia*. U.S. Geological Survey Map I-875B, Reston, Virginia USA, 22092.
- , 1979, *Tectonics of The Indonesian Region*, USGS professional paper, 1078. 345 pp.
- Harahap, B.H., 1996. Petrological Characteristics of the Upper Miocene to Plio-Pleistocene Volcanism in Kalimantan, *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, no. 62, vol. VI, h. 21-31.
- Hartono, U., 2014. Indonesian Arc Magmatism : A Geochemical study on the Plio-Pleistocene magmas from Kalimantan, their influence to the Tertiary mineralization system in Kalimantan, *CGS Spec. Publ.* 2014, p.563-571.
- Hays, W.W., 1976. Interpretation of Gravity data, *Geophysical Open File report*, no. 76-479, United State Department of The Interior Geological Survey.
- Heryanto, R. & Abidin, H.Z., 1995. *Peta Geologi Lembar Longbia (Napaku), Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hinze, W.J., von Verse, R.R.B and Saad, A.H., 2013. *Gravity and Magnetic Exploration, principles, practices and applications*, Cambridge University Press., 502 pages.
- Hutchinson, C.S., 1989. Geological Evolution of SouthEast Asia. Oxfort University Press. *Oxfort Monographes on Geology*. 15, p.652-655.
- , 1996. The Rajang accretionary prism and Lupar line problem of Borneo, In : Tectonic Evolution of Suetheast Asia, Blundell, D.J. (eds), *Geological Society of London Special Publication*, 106, 247-261
- Kertapati E. K., Soehaimi, A dan Djuhanda, A., 1992. *Peta Seismotektonik Indonesia*, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Kusumadinata, R.P., 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, edisi kedua, Jilid 2, 296 hal. ITB Bandung.
- Mazur, S, Wihittaker, J.M., Wilson, K. Stewart, M.G., East, P., Bonatmani, R. And Markwick, P.J., 2009. Application of Plate reconstructions and 2D gravity modelling to quantify crustal strenching during continental break up : A South China Sea case study. *Proceeding IPA Thirty-Third Annual Convention*, on CD.

- Mirnanda, E., Waluyo and Untung, M, 2003. Structural Conviguration of South China Sea as inferred from geophysical data, *Proceeding Annual Joint Convention IAGI 32nd and HAGI 28nd*, p. 1-27.
- Morgan, N.A. and Faessler, C.W., 1972. A two and three dimensional gravity dot chart, *Geophysical Prospecting* 20, 363-374.
- Nasution, J dan Sobari, I., 2005. *Peta Anomali Bouguer Lembar Napaku, Kalimantan, skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Nettleton, L.L., 1976. *Gravity and Magnetics in oil prospecting*, New York, McGraw-Hill Book Co., Inc., 464 p.
- Pieters, P.E. and Supriatna, S., 1990. *Geological Map of the West, Central and East Kalimantan area, Scale 1 : 1.000.000*, Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Sardjono, 1999. Crustal Structure of the Makassar Strait implication for geodynamics processes, *Prosiding HAGI, PIT XXIV Surabaya*, hal. 3-10.
- , 2000. Evolusi kerak Lajur Meratus dan implikasi terhadap aspek mineralisasi, *Majalah Mineral & Energi*, vol 2, no2, Kem.ESDM, hal.16-19
- Santy, L.D. and Panggabean, H., 2013. The potential of Ketungau and Silat shale in Ketungau and Melawi Basins, West Kalimantan : For oil shale and gas exploration, *Indonesian Journal of Geology*, V. 8, No. 1, p39-53.
- Satyana, A.H., 2007. Escape Tectonic Indonesia, open file: [http://geologi.wordpress.com/category/regional Indonesia](http://geologi.wordpress.com/category/regional-Indonesia).
- Sobari, I., Rohandi, U., Setiadi, I. dan Hayat, D.Z. 2005. *Peta Anomali Bouguer Lembar Muarawahau, Kalimantan, skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- , Nasution, J., Siagian, H.P., Budiman, I., Hayat, D.Z., Simamora, W.H., Widijono, B.S., Rahardjo, D.N. dan Taufan, Y.A., 2009. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia Berdasarkan Anomali Gayaberat skala 1 : 5.000.000*, Badan Geologi, Departemen ESDM.
- Supriatna, S. & Abidin, H.Z., 1995. *Peta Geologi Lembar Muarawahau, Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tapponnier, P., Peltzer, G., Yle dain, A., Armijo, R and Cobbold, P., 1982. Propagating extrusion tectonic in Asia : New light from simple experiments with plasticine, *Geology*, 10, p. 611-616
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherrif, R.E. and Keys, D.A., 1990. *Aplied Geophysics*, Cambridge University Press, London, 858p.
-

