

# VERIFIKASI LITOLOGI TERHADAP NILAI KERENTANAN MAGNETIK DI PERAIRAN BANGKA BELITUNG

Oleh:

T. Naibaho dan L. Arifin

Puslitbang Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjunan No. 236, Bandung

Diterima : 11-12-2009; Disetujui : 29-03-2010

## S A R I

Peta anomali magnetik menunjukkan bahwa perairan Bangka Belitung dicirikan oleh pasangan tinggian dan rendahan panjang gelombang anomali dengan amplitudo -200 nT—500nT. Sedangkan dari peta distribusi kerentanan magnetik, tinggian magnetik Belitung dibatasi oleh nilai kerentanan magnetik antara 0,001 cgs unit dan 0,003 cgs unit. Anomali positif rendah dicirikan oleh nilai kerentanan magnetik batuan antara 0,001-0,003 cgs unit merupakan benda intrusif bawah laut yang diduga berupa pluton granitik jenis granit-biotit yang berasosiasi dengan mineral kasiterit. Pluton granitik tersebut sama seperti granit yang berafiliasi dengan endapan timah di daratan Pulau Belitung. Misalnya singkapan granit yang terdapat di sekitar pantai Gembira yang menunjukkan tipe granit biotit porfiritik dengan fenokris ortoklas.

**Kata Kunci:** anomali magnetik, kerentanan magnetik, granit, Bangka Belitung

## ABSTRACT

*Magnetic anomaly map shows that the Bangka Belitung waters are characterized by a pair of high and low long-wave amplitude anomalies values of -200 nT—500 nT. While the distribution map of magnetic susceptibility magnetic high of Belitung is limited magnetic susceptibility values of 0.001 cgs units and 0.003 cgs units. Positive anomaly of low magnetic is characterized susceptibility values between 0.001 to 0.003 cgs units suggested as a body of submerged intrusive rock body granitic plutons of granite biotite type associated with cassiterite mineral. Granitic plutons are the same as granite affiliated with tin deposits in the mainland island of Belitung. For example there are granite outcrops around the Gembira coast that shows the type of porphyritic biotite granite with phenocrysts orthoclase.*

*Keywords:* Magnetic anomaly, magnetic susceptibility, granite, Bangka Belitung

## PENDAHULUAN

Bangka-Belitung merupakan bagian dari jalur Timah Asia Tenggara yaitu jalur timah terkaya di dunia yang memanjang dari Cina Selatan, Thailand, Burma, Malaysia dan Indonesia. Timah terbentuk sebagai endapan primer dalam batuan granit dan pada daerah kontak batuan malihan yang biasa berasosiasi dengan turmalin dan urat kuarsa. Di daratan Bangka-Belitung terdapat dua jenis urat kuarsa

yang telah ditambang yaitu berupa urat celah dan urat berlapis yang secara genetis berasal dari intrusi granit berumur Trias Atas.

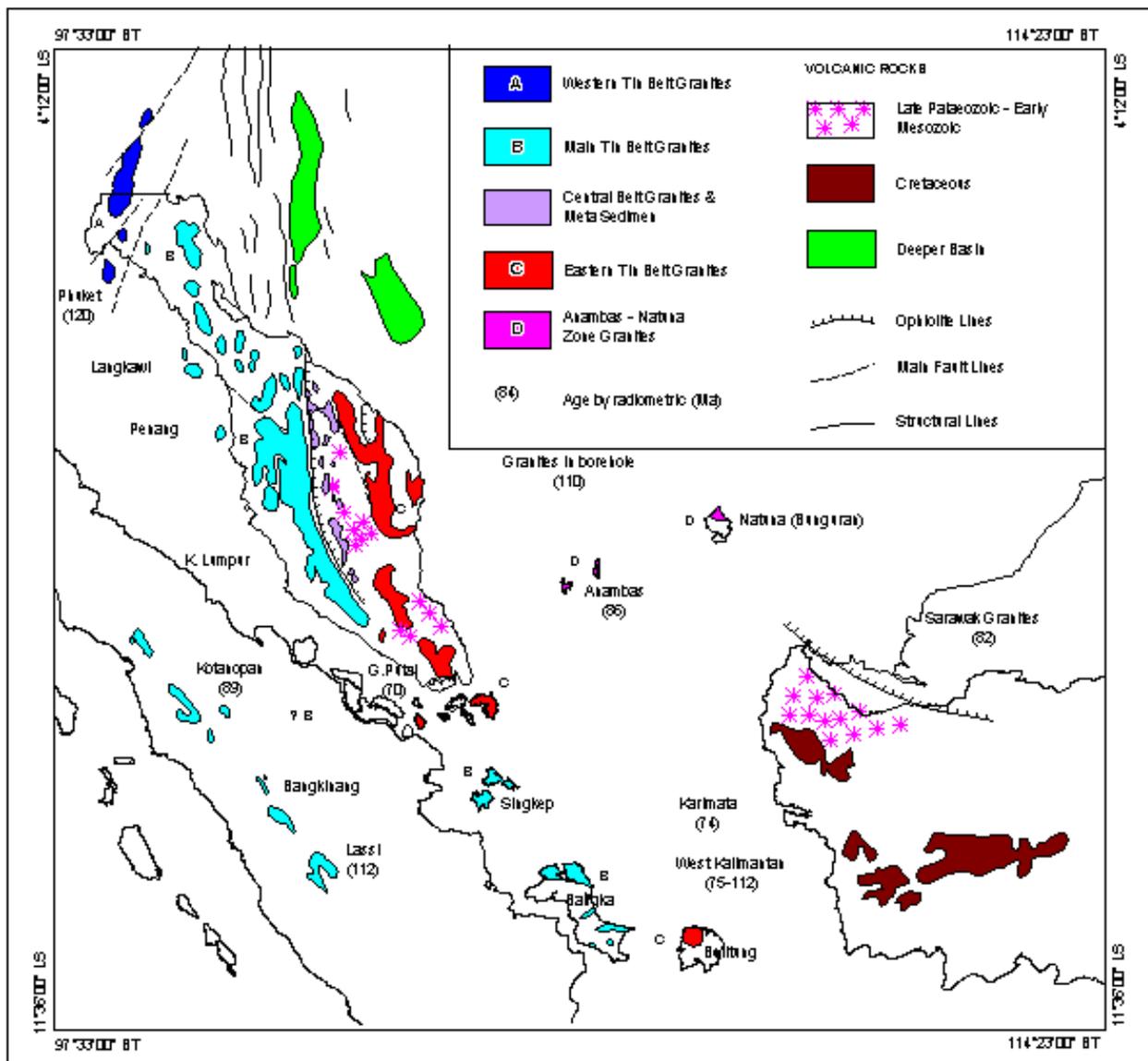
Untuk mendelineasi variasi petrografis dan geokimia pluton granit pembawa timah, kerentanan magnetik dapat digunakan sebagai indikator jenis granit paramagnetik (ilmenite-type granites) dan ferromagnetik granitoides (magnetite-type granites). Analisis distribusi nilai kerentanan magnetik ini menunjukkan

hubungan yang kuat antara nilai kerentanan magnetik dan tipe granit. Maksud dari tulisan ini adalah untuk menentukan batas tubuh batuan granit Tanjung Pandan yang masih berada di bawah permukaan laut dengan batuan granit lainnya dan atau batuan malihan di sekitarnya. Adapun maksud dari tulisan ini adalah untuk memverifikasi nilai kerentanan magnetik yang berhubungan dengan pluton granit Tanjung Pandan serta batuan granit lainnya dan atau batuan malihan yang ada di sekitar pulau Belitung.

### GEOLOGI REGIONAL

Menurut Katili (1986), kerangka geologi regional Kepulauan Bangka-Belitung dan pulau-pulau disekitarnya termasuk kedalam

Punggungan Bangka-Belitung (*Bangka – Biliton Ridge*) yang merupakan tinggian batuan dasar yang berada di sebelah timur Cekungan Sumatera Selatan dan disebelah utara Cekungan Sunda. Menurut Batchelor (1983), punggungan ini merupakan bagian dari jalur timah batuan granit (*Tin Belt Granite*) dari Kraton Sunda yang memanjang dari daratan Thailand, Semenanjung Malaysia, Kepulauan Riau, Bangka-Belitung hingga Kalimantan Barat (Gambar 1). Sehubungan dengan batuan dasar granit yang muncul disepanjang jalur timah ini mempunyai jenis yang berbeda-beda, maka batuan granit yang ada di Pulau Belitung dimasukkan pada *Western Tin Belt Granite*, berbeda dengan jenis granit di Pulau Bangka yang dimasukkan pada *Main Tin Belt Granite*. Ditinjau dari



Gambar 1. Peta jalur granit regional (Batchelor, 1983)

perkembangan zona vulkanik Sumatera memperlihatkan bahwa granit Belitung berumur lebih tua (berumur Perm hingga Jura), dibandingkan granit di Bangka dan di daratan pulau Sumatera yang berumur Trias. Hal ini dapat menunjukkan bahwa proses erosi pada tinggian-tinggian granit di daerah Belitung telah berjalan lebih dahulu, sehingga hasilnya berupa endapan alluvial dan sedimen pantai dan laut telah pula berjalan lebih intensif dibandingkan dengan daerah Bangka dan Sumatera.

Menurut Gafoer dr., (1992), kepulauan Bangka-Belitung terdiri atas beberapa formasi batuan seperti batuan malihan (*schist and gneiss*) berumur pra Karbon sebagai batuan tertua. Intrusi granit dan granodiorit berumur Kapur-Trias muncul sebagai sumber timah. Batuan sedimen berumur Trias terdiri atas perselingan antara batulumpur dan batupasir termalihkan dengan lensa-lensa batugamping dan kuarsit. Endapan Kuartar yang terdiri atas sedimen karbonatan, gamping, kalkarenit, lumpur dan alluvium Kuartar (pasir dan kerikil) diendapkan secara tidak selaras di atas batuan yang berumur lebih tua.

Batchelor dan Bowden (1985) menyatakan bahwa endapan timah di pulau Belitung awalnya ditambang berdasarkan sistim paritan vertikal tempat dimana kasiterit dapat dikenali dalam tanah penutup. Pada tahun-tahun berikutnya, survey dilakukan dengan menggunakan magnetometer yang diikuti dengan paritan. Mineral yang berada dalam urat timah biasanya berupa kasiterit sementara pirit, kuarsa, zircon, ilmenit, plumbum, bismuth, arsen, stibnit, kalkopirit, kuprit, xenotim, sedangkan monazit biasanya berupa mineral ikutan.

Geologi dan stratigrafi di P. Bangka dan P. Belitung (Baharudin dan Sidarto, 1995) dipengaruhi oleh geologi regional Kraton Sunda dengan batuan penyusunnya terdiri atas batuan beku Pra-Tersier yang terdiri dari Diorit Kuarsa Batubesi, Granodiorit Burung Mandi, dan Adamelit Baginda serta batuan beku Tersier (Granit Tanjung Pandan). Sedangkan batuan sedimennya dapat dibedakan atas batuan sedimen Pra-Tersier dan Kuartar. Sedimen Pra-Tersier terdiri dari Formasi Siantu, Formasi Kelapankampit dan Formasi Tajam. Sedimen Kuartar umumnya menutupi daerah pesisir dan pulau-pulau kecil, terdiri atas endapan sedimen

pasir berkarbon, endapan aluvial sungai dan pantai.

Batuan beku Diorit Kuarsa Batubesi (*Kbd*) dan Granodiorit Burungmandi (*Kbg*) terdapat di daerah bagian timurlaut dengan penyebaran setempat-setempat, merupakan batuan beku tertua berumur Kapur di P. Belitung. Batuan beku Adamelit Baginda (*Jma*) berumur Jura juga dijumpai secara setempat-setempat di bagian selatan P. Belitung. Namun batuan ini juga dijumpai di pulau di P. Seliu, bagian selatan P. Belitung. Batuan Beku Granit Tanjungpandan (*Trtg*) berumur Trias dijumpai cukup luas di bagian utara P. Belitung.

Batuan sedimen dengan penyebaran yang cukup luas adalah Formasi Kelapankampit (PCks) dan Formasi Tajam (PCTm) yang berumur Permo-Karbon. Formasi Kelapankampit terdapat hampir diseluruh daerah P. Belitung. Sedangkan Formasi Tajam dijumpai setempat-setempat tetapi dengan penyebaran hampir merata di seluruh daerah P. Belitung. Batuan sedimen lainnya yang cukup penting adalah sedimen Kuartar yang diduga mengandung sumberdaya mineral antara lain endapan pasir berkarbon (Qpk), yang memiliki penyebaran sangat terbatas di bagian tengah dan tenggara P. Belitung. Sedangkan endapan aluvial pantai (Qa) terdapat diseluruh kawasan pantai P. Belitung, mengisi daerah-daerah teluk ataupun daerah muara-muara sungai. Sedimen ini mengandung kuarsa dengan kadar SiO<sub>2</sub> lebih dari 97% dan merupakan komoditi pasir kuarsa terbaik di Indonesia. Pasir ini banyak dipergunakan untuk berbagai kegiatan industri logam dan banyak diusahakan oleh penduduk setempat. Namun mengingat keberadaannya disepanjang garis pantai, maka pengendalian penambangannya perlu diupayakan.

Struktur geologi yang berkembang di P. Belitung adalah struktur sesar mendatar dengan pola yang tidak beraturan. Pola tersebut dipotong oleh sesar utama berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara. Pola struktur ini berkembang mengikuti kelurusan struktur patahan batuan dasar dan sedimen tua. Pola struktur patahan ini diperkirakan terbentuk awal Tersier sebagai akhir dari pembentukan batuan beku, yang saat ini sudah tidak aktif.

Berdasarkan data penampang seismik refleksi dan inti bor di Selat Gaspar, Batchelor dan Bowden (1985) mengindikasikan adanya

empat kelompok batuan sedimen yang diendapkan sejak jaman Miosen. Batuan sedimen tersebut adalah aluvium muda yang terdiri atas sedimen penutup berumur Holosen dan kompleks aluvium berumur Plistosen Atas, satuan transisi yang terdiri atas sedimen marin berumur Plistosen Atas dan satuan transisi berumur Plistosen Tengah, sedimen penutup purba berumur Plistosen Awal-Atas dan feses dataran aluvial purba yang menjari dengan feses kipas (bongkah granit) dan regolit Paparan Sunda yang terdiri atas endapan koluvial dan material kipas berumur Pliosen dan latosol Miosen Atas, laterit dan bauksit yang berasal dari pelapukan batuan granit dan batuan sedimen.

Menurut Aleva (1985), Kepulauan Singkep-Tujuh hingga Belitung berpotensi akan endapan plaser kasiterit dimana secara geologi genesanya merupakan sistem plaser lembah (*placer valley systems*). Sistem ini erat kaitannya dengan perubahan muka air laut (*sea level change*) yang terjadi selama Tersier dan mempengaruhi kondisi geologi saat ini baik yang berada di daerah daratan maupun di daerah lepas pantai, khususnya daerah granit Sengkeli, Pering dan Lenggang. Perubahan-perubahan muka air laut dimasa lampau yang mencapai  $\pm 100$  m ini setidaknya menyebabkan terjadinya tiga kali proses erosi (*erosional events*), yakni

proses erosi, akumulasi sedimen rombakan dan tertutup oleh lapisan sedimen lain.

### Karakteristik Batuan Granit

Sumber timah di Indonesia merupakan bagian dari Jalur Timah Asia Tenggara yaitu jalur timah terkaya di dunia. Jalur ini membentang dari Cina Selatan, Thailand, Myanmar dan Malaysia hingga Indonesia. Timah terbentuk sebagai endapan primer dalam batuan granit dan pada daerah kontak dalam batuan malihan yang biasanya berasosiasi dengan turmalin dan urat kuarsa timah. Menurut Pamungkas (2006), dua tipe urat-urat klasik telah ditambang di Kepulauan Bangka-Belitung. Kedua macam urat-urat tersebut adalah urat-urat celah dan urat-urat berlapis yang secara genesa berasal dari intrusi granit berumur Trias Atas ( $\pm 222$  juta tahun yang lalu).

Untuk mendelinasi variasi secara petrografis dan geokimia pluton granit, Tarling dan Hrouda, (1993) dan Ishihara *dr.*, (2000) telah menggunakan pengukuran kerentanan magnetik batuan sebagai alat. Kerentanan magnetik batuan ditentukan oleh komposisi kimia dan mineraloginya, dalam mana besarnya kerentanan magnetik kemungkinan dibawa oleh silikat feromagnesia (Gleizes *dr.*, 1993), atau pada granit feromagnetik dalam mana kerentanan magnetiknya dibawa oleh magnetit (Ferré *dr.*, 1999).

Pengukuran kerentanan magnetik batuan telah pula digunakan secara meluas sebagai indikator litologi dalam batuan granit atau dalam membedakan antara paramagnetik (ilmenite-type granites) dan granitoid feromagnetik (magnetite-type granites), seperti disinggung oleh Sant'ovaia dan Noronha (2005). Menurut Aydin *dr.*, (2007), berdasarkan observasi petrografis dan perhitungan analitis elemen utama batuan dalam granit Saruhan-Turkey, mengindikasikan adanya butiran magnetit, dimana pola zona kerentanan magnetik atas pluton adalah konsentris dan berlawanan.



Gambar 2. Foto yang menunjukkan singkapan Granit tipe-S di muara S. Cerucuk-Tanjung Pandan

Secara regional penyebaran batuan granit di Pulau Belitung terdapat di empat daerah, yaitu daerah Tanjung Pandan, Gunung Mang, Parangbuloh, dan Kelumpang. Semua batuan granit merupakan tipe-I, terkecuali pada pluton Tanjung Pandan yang merupakan granit tipe-S (Gambar 2 dan 3). Beberapa tubuh batuan yang lebih kecil (daerah Bt. Besi, Lilangan dan Buntar) telah teralterasi seutuhnya, tapi masih dikenali sebagai granit. Umumnya merupakan mineralisasi timah dan kemungkinan merupakan turunan dari granit tipe-S.

## METODE

Peta anomali magnetik total yang digunakan merupakan peta kompilasi yang dibuat oleh Kusnida drr (2003) dari data geomagnetik kelautan yang dikumpulkan oleh Puslitbang Geologi Kelautan sejak tahun 1992 hingga tahun 2003. Untuk verifikasi litologi terhadap nilai kerentanan magnetik batuan digunakan peta geologi yang dibuat oleh Gafoer drr., (1992), untuk verifikasi gelombang kerentanan magnetik digunakan peta provinsi magnetik yang dibuat oleh Ben Avraham (1973), sedangkan untuk verifikasi nilai kerentanan magnetik batuan digunakan tabel nilai kerentanan magnetik beberapa batuan dan mineral dari Telford (1990).



Gambar 3. Foto yang menunjukkan singkapan adamalit di Tanjung Gembira

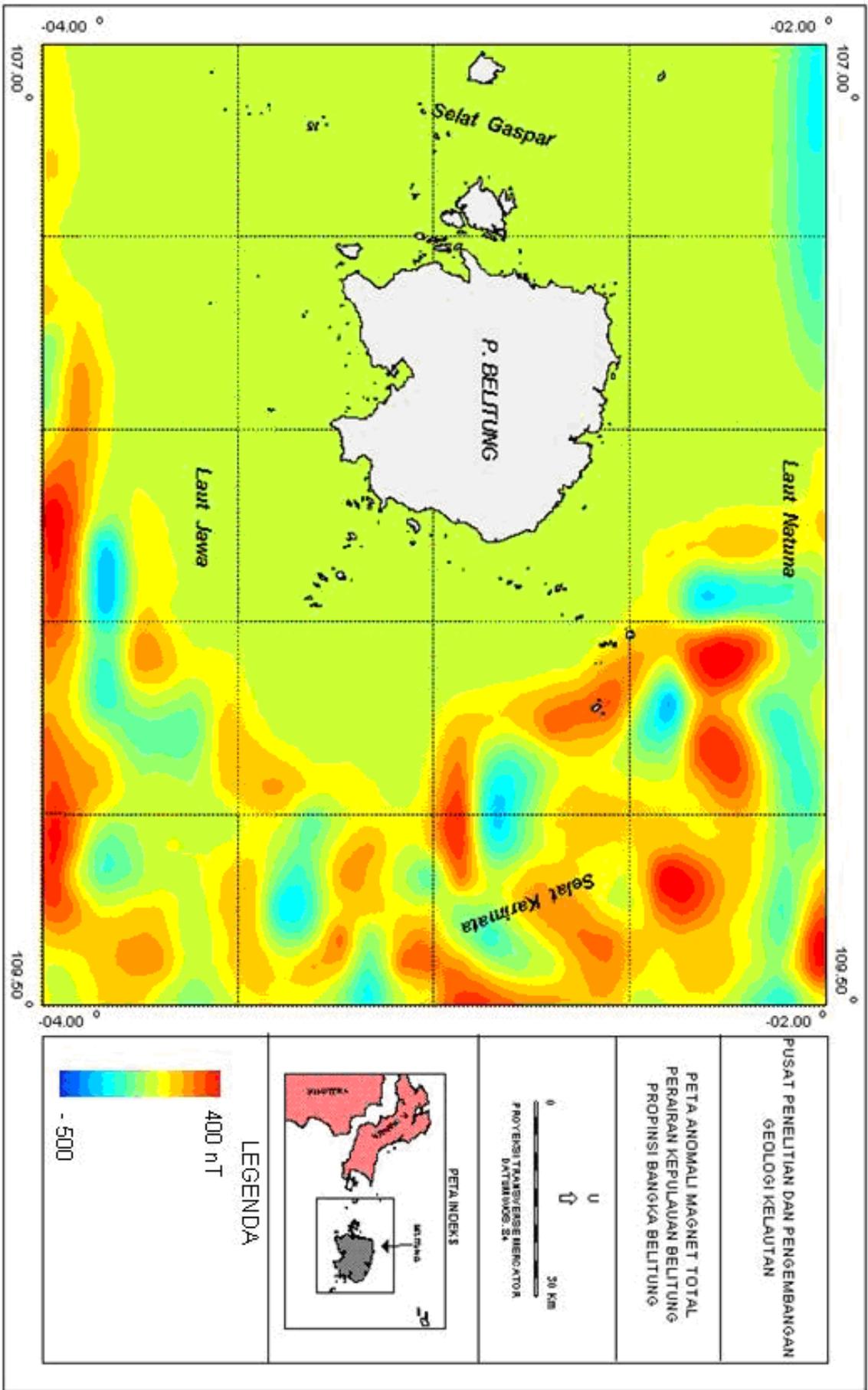
## HASIL DAN DISKUSI

Peta anomali magnetik total perairan Selat Karimata (Gambar 4.) menunjukkan berbagai kelurusan magnetik yang berbeda dan mencerminkan hubungan dengan satuan batuan di bawahnya dan lebih kurang menunjukkan kecenderungan yang sama dengan provinsi magnetik yang dibuat oleh Ben Avraham (1973). Perairan Bangka-Belitung, dicirikan oleh rangkaian pasangan tinggian dan rendahan panjang gelombang anomali.

Anomali tinggi dicirikan oleh amplitudo (200 - 400 nT), sedang anomali rendah dicirikan oleh amplitudo (-200 - -500 nT). Provinsi anomali ini membentuk perisai dengan arah umum baratdaya-timurlaut memotong Laut Jawa dan membelok ke arah utara-baratlaut memotong Selat Karimata dan menerus hingga Kepulauan Riau dan Semenanjung Malaysia. Provinsi anomali magnetik total ini tampak berhubungan dan hampir sejajar dengan elemen struktur utama di daerah ini, yaitu dengan busur magmatik Malaysia - Sumatra - Kalimantan Tenggara berumur Yura-Trias (Soeria Atmadja drr., 1998). Perairan di sebelah selatan Kalimantan dan Laut Jawa bagaian timur dicirikan oleh anomali-anomali magnetik total tinggi dan terisolasi dengan panjang gelombang pendek, gradual dan amplitudo bervariasi hingga

kurang dari 200 nT. Anomali terisolasi ini kemungkinan berhubungan dengan massa magnetik dekat permukaan.

Di Laut Jawa bagian tengah, anomali-anomali ini muncul di kedua sisi Busur Karimun dan kemungkinan menunjukkan keberadaan retas sepanjang sayap-sayap busur yang tersesarkan (Ben Avraham, 1973). Perubahan karakteristik anomali total yang berangsur dan hampir tidak berarti di bagian selatan menunjukkan bahwa busur ini terdiri dari batuan dengan kerentanan magnetik batuan yang sangat rendah, kemungkinan granit



Gambar 4. Peta anomali magnetik total perairan Kepulauan Belitung (Kusnida, dtr., 2003)

dan diperkirakan letak batuan beku cukup dalam seperti dibuktikan data data penampang seismik (Emery dr., 1972).

Massa pluton Bangka-Belitung tampak jelas dikenali dari anomali positif-rendah yang lebar (kurang dari 50 nT) atau tanpa anomali magnetik. Provinsi magnetik yang rata ini bisa jadi sebagai akibat dari berbagai faktor, diantaranya adalah oleh adanya alas magnetik yang besar dan dalam, atau akibat adanya metamorfisme regional yang menurunkan magnetisasi batuan (Ben Avraham, 1973). Di sekitar kepulauan Bangka dan Belitung, medan magnetik yang rata merupakan ciri kerentanan magnetik batuan positif-rendah dari alas granit yang luas. Peta distribusi kerentanan magnetik batuan (Gambar 5) menunjukkan nilai antara 0,001 dan 0,003 cgs unit dan menggambarkan zona masiv bersifat magnetik dari granit Belitung bawah laut.

Sebaliknya, distribusi kerentanan magnetik batuan dengan kontur <0,001 cgs unit dan >0,003 cgs unit menggambarkan alas magnetik anomali regional. Berdasarkan peta distribusi kerentanan magnetik batuan tersebut di atas, maka tinggian magnetik Belitung dibatasi oleh nilai kerentanan magnetik antara 0,001 cgs unit dan 0,003 cgs unit (Gambar 5.).

Anomali magnetik yang disebabkan oleh massa plutonik yang besar bisa jadi dikarenakan adanya intrusi granit. Walaupun setiap massa intrusif yang tersingkap di kepulauan Bangka-Belitung telah diketahui berupa granit, namun untuk membedakannya berdasarkan sifat-sifat magnetik ditunjukkan oleh berbagai ekspresi magnetik. Anomali magnetik total positif-rendah < 50 nT dengan nilai kerentanan magnetik antara 0,001 – 0,003 cgs unit muncul tepat di perairan Belitung, walupun sampai ratusan kilometer kearah lepas pantai medan magnetik melemah..

Pengukuran kerentanan magnetik batuan pada percontoh keras menunjukkan bahwa granit bersifat magnetik dan nilai kerentanan magnetiknya bervariasi dari 0,001 – 0,05 cgs unit untuk jenis granit di bagian timur Lachlan Fold-Australia (Connelly, 1979). Berdasarkan kriteria kimiawi, granit dikelompokkan kedalam tipe-I yaitu murni berasal dari batuan beku dan tipe-S yang berasal dari pelelehan parsial batuan sedimen yang masih tinggal di kedalaman sebagai massa yang besar dan tidak bergerak

secara lateral untuk berbagai jarak. Namun demikian, studi lain menunjukkan bahwa pluton granitik secara geokimia diklasifikasikan sebagai granitoid tipe-I kalkali pada jalur busur vulkanik. Granit-granit ini mempunyai nilai kerentanan magnetik berkisar antara 0,001 – 0,03 cgs unit seperti granit Abukuma di Jepang yang berkaitan dengan granit seri-magnetit dan/atau seri-ilmenit (Atsushi dan Tetsuichi, 2003) dan 0,03 – 0,06 cgs unit untuk granit Natuna (Ben Avraham., 1973).

Berdasarkan hasil studi di daerah Klumpang-Pulau Belitung, Aryanto dr., (2005) menunjukkan bahwa tipe batuan granit di daerah tersebut adalah granit biotit tipe-I yang berasosiasi dengan mineral kasiterit. Oleh karena itu disimpulkan bahwa sifat-sifat magnetik perairan Belitung dapat menggambarkan keberadaan jenis granit tersebut di bawah permukaan dasar laut. Namun demikian, perkiraan luasannya ditentukan dari delineasi pluton yang menunjukkan bahwa sumber anomali magnetik positif-rendah terletak jauh dibawah laut. Nilai-nilai kerentanan magnetik antara 0,001 – 0,003 cgs unit dari pluton granit bawah laut Belitung sesuai dengan granit tipe-I di dunia.

## KESIMPULAN

Anomali positif-rendah yang membatasi benda intrusif bawah laut dapat diamati di sekitar Pulau Belitung. Anomali positif-rendah berbentuk elip dicirikan oleh nilai kerentanan magnetik batuan antara 0,001- 0,003 cgs unit. Benda intrusif bawah laut ini bisa jadi memiliki daya tarik ekonomi, dan berdasarkan sifat-sifat anomalnya maka benda intrusif ini kemungkinan berupa pluton granitik jenis granit-biotit yang berasosiasi dengan mineral kasiterit. Anomali magnetik positif-rendah ini bisa jadi mencirikan batuan intrusif sama seperti granit yang berafiliasi dengan endapan timah.

Di bagian selatan Pulau Belitung tepatnya di sekitar Pantai Gembira, singkapan granit menunjukkan tipe granit biotit porfiritik dengan fenokris ortoklas yang panjangnya bisa sampai 8 cm, juga terdapat mikrokline, pertite, plagioklas, biotit, kuarsa. Secara setempat, terdapat zirkon, apatit, titanit, fluorit, black turmaline, kasiterit, amfibol. Sedangkan di bagian timur seperti di daerah Burung Mandi lebih dicirikan oleh granodiorit.



Batolit Tanjung Pandan yang membentang di sepanjang bagian barat hingga utara Pulau Belitung diduga berasosiasi dengan endapan urat alluvial timah. Batolit ini secara petrogenesa terdiri atas dua macam yaitu rangkaian batugranit seri ilmenit yang didominasi oleh granit biotit dan seri batugranit tipe sienit kuarsa. Granit Tanjung Pandan secara jelas dapat dibedakan dari tipe granit lainnya yang ada di Pulau Belitung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan yang telah memberikan izin melakukan kajian di daerah penelitian dan juga kepada kepala tim kajian bapak Ir. Dida Kusnida M.Sc., dan rekan-rekan anggota tim yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian tulisan ini.

#### ACUAN

- Aleva, G.J.J., 1985. Indonesian Fluvial Cassiterite placers and their genetic environment. *Journal of the Geological Society*, Oxford London.
- Aryanto, N.C.D., Nasrun, A.H Sianipar dan L. Sarmili, 2005. Granit Kelumpang sebagai granite tipe-I di Pantai Teluk Balok, Belitung. *Jurnal Geologi Kelautan*, vol. 3. no. 1.
- Atsushi, K. dan T. Tetsuichi, 2003. Geology and petrography of the Abukuma granites in the Funehiki area, Fukushima Prefecture, NE Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, Vol.109, No.4(20030415) pp. 234-251.
- Aydin, A., E. C. Ferré dan Z. Aslan, 2007. The magnetic susceptibility of granitic rocks as a proxy for geochemical composition: Example from the Saruhan granitoids, NE Turkey. *Tectonophysics*, vol. 441, p. 85-95.
- Baharuddin dan Sidarto, 1995. *Peta Geologi Lembar Belitung, Sumatra sekala 1:250.000*. Puslitbang Geologi.
- Batchelor, B.C., 1983. *Sundaland Tin Placer genesis and Late Cenozoic coastal and offshore stratigraphy in western Malaysia*

and Indonesia. Unpubl. Ph.D. thesis, Geology Department, University of Malaya, 598 p.

- Batchelor, R.A. dan P. Bowden, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48, p. 43-55.
- Ben Avraham, Z., 1973. *Structural Framework of the Sunda Shelf and Vicinity*. PhD Theses, Massachusetts Institute of Technology, 269 pp.
- Blakely, R.J., 1995. *Potential Theory in Gravity & Magnetic Applications*. Cambridge University Press, 1<sup>st</sup> ed, USA.
- Connelly, J.B., 1979. Interpretation of subsurface shape of granites in the eastern Lachlan fold belt using aeromagnetic data. *Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists*, 10(1), p. 92-95.
- Emery, K. O., J. Uchupi, Sunderland, H. L. Uktolseja, dan E. M. Young, 1972. Geological structure and some water characteristics of the Java Sea and adjacent continental shelf. *United Nations ECAFE, CCOP Techn. Bull.* Vol. 6.
- Ferré, E.C., J. Wilson, dan G. Gleizes, 1999. *Magnetic susceptibility and AMS of the Bushveld alkaline granites, South Africa*. *Tectonophysics*, 307, p. 113-133.
- Gafoer, S., C. Amin dan Satiogroho, 1992. *Geological Map of Indonesia, Palembang Sheet, Scale 1 : 1.000.000*, Geol. Res. Dev. Center of Indonesia.
- Gleizes, G., A. Nédélec, J.L. Bouchez dan Rochette, P., 1993. Magnetic susceptibility of the Mont Louis - Andorra ilmenite - type granite (Pyrenees): a new tool for the petrographic characterization and regional mapping of zoned granite plutons. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98(B3), p. 4317-4331.
- Ishihara, S., M. Hashimoto, dan M. Machida, 2000. *Magnetite/ilmenite series classification and magnetic susceptibility of the mesozoic-cainozoic batholiths in Peru*. *Resource Geology*, 50, p. 123-129.

- Katili, J.A., 1986. *On Charting New Path to Mineral Exploration, Keynote Speaker paper presented at the conference on Indonesia Mining Industry : A General Review*. Jakarta May, 7-9.
- Kusnida, D., Azis, T. dan Yuningsih, A., 2003. *Total Magnetic Anomaly Map of Selat Karimata and Surroundings, Scale 1:1.000.000*. Marine Geological Institute of Indonesia.
- Pamungkas, P., 2006. *Kajian Pertambangan Timah Kita*. World Press.Com.
- Santovaia, H. dan F. Noronha, 2005. Classification of Portuguese Hercynian granites based on petrophysical characteristics, <http://www.ucm.es/> [BUCM/compludoc/S/10704/02134497\\_1.htm](http://www.ucm.es/BUCM/compludoc/S/10704/02134497_1.htm)
- Soeria Atmadja, R., S. Suparka, Ch. Abdullah, D. Noeradi, dan Sutanto, 1998. Magmatism in western Indonesia, the trapping of the Sumba Block and the gateways to the east of Sundaland. *Journ. of Asian Earth Sciences*, Vol. 16, No. 1, pp. 1 - 12.
- Tarling, D.H. dan F. Hrouda, 1993. *The magnetic anisotropy of rocks*. Chapman & Hall, London, 217 p.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sherrif, 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge, 2<sup>nd</sup> ed.