

## INTERPRETASI ANOMALI GEOMAGNETIK DAERAH RABAU HULU, KALAN

Dwi Haryanto, Adhika Junara Karunianto, Mirna Berliana Garwan

*Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir-BATAN; Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Ps. Jumat,  
Jakarta 12440  
email: antox@batan.go.id*

### ABSTRAK

**INTERPRETASI ANOMALI GEOMAGNETIK DAERAH RABAU HULU, KALAN.** Uranium digunakan sebagai bahan bakar PLTN. Peningkatan kebutuhan akan Uranium perlu diimbangi dengan peningkatan eksplorasi. Metode geomagnetik merupakan salah satu metode geofisika yang dapat diterapkan dalam eksplorasi deposit uranium yang mineralisasinya berasosiasi dengan mineral sulfida. Pengolahan, analisis, dan interpretasi data geomagnetik dilakukan untuk dapat mengidentifikasi sebaran deposit uranium yang terdapat dalam batuan di daerah Rabau Hulu, Kalan, Kalimantan Barat. Deposit uranium pada umumnya berasosiasi dengan sulfida dan turmalin dan terdapat dalam batuan *favourable*. Mineralisasi uranium dijumpai dalam bentuk-bentuk tidak teratur dan tidak merata. Pengolahan anomali medan magnet total dilakukan untuk dapat memodelkan keberadaan mineral sulfida yang mengisi urat-urat pada batuan. Pemodelan 2 dimensi menggunakan perangkat lunak inversi dilakukan untuk mengetahui sebaran dan zona *favourable* berdasarkan data anomali medan magnet lokal. Anomali medan magnet lokal terkonsentrasi pada zona deposit uranium dan berada di zona sesar. Zona deposit uranium diperkirakan memiliki susceptibilitas magnetik  $\geq 10$  dalam satuan cgs.

Kata kunci: geomagnetik, sulfida, deposit uranium, Rabau Hulu.

### ABSTRACT

**INTERPRETATION OF GEOMAGNETIC ANOMALY RABAU HULU AREA, KALAN.** Uranium is used as the nuclear fuel. Increased demand for Uranium need to offset the increase in exploration. Geomagnetic method is one of geophysical methods that can be applied in the uranium deposits exploration that mineralization is associated with sulphide minerals. Processing, analysis, and interpretation of geomagnetic data was conducted in order to identify the distribution of uranium deposits in Rabau Hulu area, Kalan, West Kalimantan. Uranium deposits is generally associated with sulphides, tourmaline and contained in favourable rocks. Uranium mineralization encountered in other forms of irregular and uneven. Processing of the total magnetic field anomalies can be done to model the presence of sulphide minerals that fill the veins in the rocks. Two dimensional modeling using inversion software was conducted to determine the distribution and favorable zones based on local magnetic field anomalies data. Anomalies in the local magnetic field is concentrated on a zone of uranium deposits and occur in the fault zone. Uranium deposit zone is estimated to have magnetic susceptibility  $\geq 10$  in cgs unit.

Keyword: geomagnetic, sulphide, uranium deposits, Rabau Hulu.

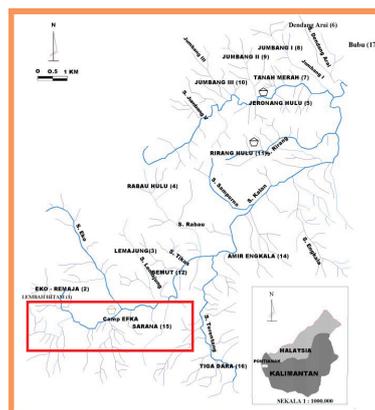
### PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk meningkatkan kebutuhan energi. Penggunaan energi alternatif selain minyak dan gas bumi semakin dikembangkan dan ditingkatkan kontribusinya terhadap pemenuhan energi nasional. Energi nuklir sebagai salah satu energi alternatif semakin meningkat penggunaannya terutama untuk pembangkit listrik.

Uranium merupakan bahan bakar utama PLTN yang bersifat tidak dapat diperbaharui dan akan semakin berkurang keberadaannya di alam. Kebutuhan uranium juga akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya PLTN. IAEA memperkirakan akan terjadi defisit antara produksi dari cadangan yang telah diketahui dengan kebutuhan akan uranium pada tahun 2026 (kebutuhan tinggi) atau defisit akan terjadi pada tahun 2035 (kebutuhan menengah) [1]. Hal ini dapat diimbangi dengan ditemukannya cadangan uranium baru serta penemuan teknologi baru yang meningkatkan efisiensi penggunaan uranium.

Daerah Rabau Hulu merupakan salah satu sektor yang berada dalam wilayah eksplorasi Kalan (Gambar 1). Sektor distribusi mineralisasi uranium yang lain adalah Lembah Hitam, Eko Remaja, Lemajung, Jeronang Hulu, Dendang Arai, Tanah Merah, Jumbang I, Jumbang II, Jumbang III, Rirang Hulu, Semut, Kalan Ketungau, Amir Engkala, Sarana, Tiga Dara, dan Bubu [2].

Metode geofisika sebagai salah satu komponen dalam eksplorasi dapat digunakan dalam eksplorasi uranium. Beberapa metode geofisika yang dipakai untuk eksplorasi uranium diantaranya metode radioaktivitas, metode gas radon, metode elektromagnet, metode geomagnet, metode geolistrik, dan metode polarisasi terinduksi (*induced polarization*). Penggunaan metode ini disesuaikan dengan kondisi lapangan. Anomali magnet lokal dihasilkan dari perbedaan kandungan mineral magnetik pada batuan di permukaan. Metode geomagnetik dapat digunakan pada target dengan kandungan mineral magnetik yang tinggi seperti pada mineral sulfida. Survei geomagnetik dapat melokalisasi area sebelum dilakukan survei lebih lanjut, misalnya untuk survei geolistrik dan polarisasi terinduksi.



Gambar 1. Peta distribusi mineralisasi uranium di Kalan, Kalimantan Barat, Lokasi Penelitian di daerah Rabau Hulu [2].

Pengambilan dan pengolahan data geomagnetik di daerah Rabau Hulu dilakukan pada tahun 1985. Luas daerah penelitian sekitar 36 hektare. Permasalahan terdapat pada pengolahan data yang masih dilakukan secara manual dengan keterbatasan pemodelan dan interpretasinya pada saat itu. Pengolahan dan interpretasi data yang dilakukan saat ini (dengan bantuan perangkat lunak yang lebih baik) diharapkan dapat menghasilkan model sebaran batuan yang lebih mendekati kondisi geologi bawah permukaan yang sebenarnya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui model distribusi geomagnetik yang menggambarkan distribusi mineral sulfida dalam batuan.

## TEORI

Metode geomagnetik didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Anomali medan magnet yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik yang terdapat di bawah permukaan bumi. Penafsiran tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan kondisi geologi, litologi batuan, dan sebaran bahan magnetik yang mengisi suatu medium atau batuan yang berada di bawah permukaan bumi. Kemampuan untuk termagnetisasi tergantung suseptibilitas magnetik suatu batuan/medium. Nilai suseptibilitas sangat penting dalam eksplorasi karena setiap jenis mineral terutama mineral logam dapat memberikan kontras nilai yang cukup tinggi.

Penggunaan metode geomagnetik pada eksplorasi geofisika didasarkan pada perbedaan sifat kemagnetan suatu batuan/medium. Hal-hal yang mempengaruhi perbedaan sifat kemagnetan batuan yaitu karakteristik batuan, besar nilai intensitas, dan arah induksi dari medan magnet total yang bekerja ketika batuan tersebut mulai termagnetisasi. Metode geomagnetik sering digunakan dalam eksplorasi pendahuluan seperti dalam eksplorasi minyak dan gas bumi, bahan tambang, mineral, dan panas bumi. Metoda ini dapat juga digunakan untuk mendeteksi mineralisasi sulfida karena beberapa mineral sulfida mempunyai kontras suseptibilitas cukup baik jika dibanding dengan batuan di sekitarnya.

### Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi adalah suatu vektor, sehingga mempunyai besar (*magnitude*) dan arah [3]. Vektor magnetik dapat dinyatakan sebagai komponen kartesian yang sejajar terhadap setiap sumbu dari ketiga sumbu ortogonalnya. Elemen-elemen magnetik yang diambil menjadi komponen parallel terhadap utara geografis dan arah timur serta arah vertikal ke bawah (Gambar 2.). Sebagai alternatif, elemen magnetik dapat diekspresikan dalam koordinat bola kutub. Besar vektor diberikan oleh kuat medan magnet  $F$ ; arahnya ditentukan oleh dua sudut. Deklinasi  $D$  adalah sudut antara meridian magnetik dan meridian geografis. Deklinasi bisa juga diartikan sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur. Inklinasi  $I$  adalah sudut yang mana dip vektor magnetik berada di bawah bidang horizontal. Inklinasi bisa juga diartikan sebagai sudut antara medan kuat medan magnet (medan magnet total) dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah. Kartesian ( $X, Y, Z$ ) dan kutub bola ( $F, D, I$ ) terkait satu dengan lainnya sebagai berikut [3]:

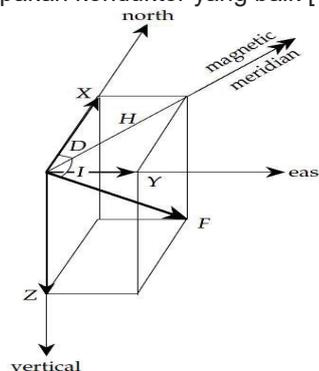
$$X = F \cos I \cos D \qquad Y = F \cos I \sin D \qquad Z = F \sin I$$

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

$$D = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \qquad I = \arctan\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2}}\right) \qquad (1)$$

Terdapat 3 medan magnet bumi, yaitu medan magnet utama (*main field*), medan magnet luar (*external field*), dan medan magnet anomali. Medan magnet utama adalah medan magnet rata-rata hasil pengukuran dalam jangka waktu yang cukup lama mencakup daerah dengan luas lebih dari  $10^6 \text{ km}^2$ . Analisis koefisien Gauss dan fitur panjang gelombang dari medan non-dipol menunjukkan bahwa medan utama dihasilkan dalam fluida inti luar bumi [3].

Analisis *spherical harmonic* dari medan magnet observasi menunjukkan bahwa lebih dari 99% sumber medan magnet utama berasal dari sumber yang berada di dalam bumi. Medan utama ini disebabkan oleh arus konveksi dari perputaran mineral pada fluida inti luar (kedalaman antara 2.800 sampai 5.000 km). Inti bumi diperkirakan sebagai campuran besi dan nikel, yang keduanya merupakan konduktor yang baik [4].



Gambar 2. Elemen-elemen medan magnet bumi [3].

Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal yang disebabkan oleh variasi kandungan mineral pada batuan di dekat permukaan. Anomali ini adakalanya cukup besar sampai dengan 2 kali dari medan magnet utamanya. Variasi yang tidak teratur seringkali membuat peta magnetik menjadi sangat kompleks [4].

### Magnetisasi Batuan dan Mineral

Anomali geomagnetik disebabkan oleh mineral magnetik (terutama magnetit dan pirhotit) yang terkandung dalam batuan [4]. Perilaku magnetik pada benda padat tergantung pada momen magnetik dari atom atau ion yang dikandungnya [3]. Momen magnetik atom dan ion sebanding dengan momentum sudut terkuantisasi yang terkait dengan gerakan orbital elektron di sekitar nukleus dan dengan spin elektron di sekitar sumbu rotasinya.

### Suseptibilitas Magnetik

Suatu benda yang ditempatkan dalam medan magnetik akan mendapatkan magnetisasi. Jika momen magnetik per unit volume atau magnetisasi  $M$  dan medan magnetisasi  $H$  saling sejajar dan sebanding satu dengan lainnya maka [3]:

$$M = kH \quad (2)$$

Faktor kesebandingan  $k$  adalah sifat fisik dari material yang dinamakan suseptibilitas magnetik. Ini adalah ukuran seberapa mudah suatu material bisa dimagnetisasi. Suseptibilitas pada kebanyakan mineral alam bernilai sangat kecil, dan dapat pula bernilai negatif (material diamagnetik) atau positif (material paramagnetik). Medan magnet yang dihasilkan material diamagnetik dan paramagnetik biasanya terlalu kecil untuk dapat mempengaruhi alat survei magnetometer, kecuali untuk magnetometer modern dengan sensitivitas yang tinggi. Sebagian besar anomali geomagnetik yang terukur berhubungan dengan material feromagnetik atau ferimagnetik.

Suseptibilitas ini sangat penting dalam pencarian benda anomali karena sifatnya yang sangat khas untuk setiap jenis mineral atau logam. Batuan sedimen mempunyai nilai suseptibilitas paling kecil dan batuan beku memiliki nilai yang paling tinggi. Pada beberapa kasus, nilai suseptibilitas tergantung pada jumlah mineral feromagnetik yang ada. Mineral feromagnetik umumnya berupa magnetit, ilmenit, dan pirhotit. Ketiganya merupakan mineral magnetik alami yang penting. Magnetit merupakan mineral yang paling umum. Hematit yang merupakan mineral besi paling banyak, tetapi mineral ini mempunyai nilai suseptibilitas sangat kecil. Hal ini menyebabkan banyak deposit bijih besi tidak menghasilkan anomali geomagnetik yang signifikan [5]. Nilai suseptibilitas magnetik pada berbagai batuan, mineral, dan bijih tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Suseptibilitas magnetik berbagai batuan dan mineral [4].

| Tipe                         | Suseptibilitas x 10 <sup>3</sup> (SI) |           | Tipe                        | Suseptibilitas x 10 <sup>3</sup> (SI)   |           |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------------------------|---|-----------|
|                              | Range                                 | Rata-rata |                             | Range                                   | Rata-rata |
| Batuan Metamorf              |                                       |           | Batuan Sedimen              |   |           |
| Amfibolit                    |                                       | 0,7       | Dolomit                     | 0-0,9                                   | 0,1       |
| Sekis                        | 0,3-3                                 | 1,4       | Batugamping                 | 0-3                                     | 0,3       |
| Filit                        |                                       | 1,5       | Batupasir                   | 0-20                                    | 0,4       |
| Gneiss                       | 0,1-25                                |           | Serpih                      | 0,01-15                                 | 0,6       |
| Kuarsit                      |                                       | 4         | Rata-rata 48 batuan sedimen | 0-18                                    | 0,9       |
| Serpentin                    | 3-17                                  |           | Mineral                     |   |           |
| Batusabak                    | 0-35                                  | 6         | Grafit                      |   | 0,1       |
| Rata-rata 61 batuan metamorf | 0-70                                  | 4,2       | Kuarsa                      |   | -0,01     |
| Batuan Beku                  |                                       |           | Batuan garam                |   | -0,01     |
| Granit                       | 0-50                                  | 2,5       | Anhidrit, gipsum            |   | -0,01     |
| Riolit                       | 0,2-35                                |           | Kalsit                      | -10 <sup>-3</sup> -(-10 <sup>-2</sup> ) |           |
| Diorit                       | 1-35                                  | 17        | Batubara                    |   | 0,02      |
| Augite-syenite               | 30-40                                 |           | Lempung                     |   | 0,2       |
| Olivin-diabas                |                                       | 25        | Kalkopirit                  |   | 0,4       |
| Diabas                       | 1-160                                 | 55        | Spalerit                    |   | 0,7       |
| Porfiri                      | 0,3-200                               | 60        | Kasiterit                   |   | 0,9       |
| Gabro                        | 1-90                                  | 70        | Siderite                    | 1-4                                     |           |
| Basalt                       | 0,2-175                               | 70        | Pirit                       | 0,05-5                                  | 1,5       |
| Diorit                       | 0,6-120                               | 85        | Limonit                     |   | 2,5       |
| Piroksinit                   |                                       | 125       | Arsenopirit                 |   | 3         |
| Peridotit                    | 90-200                                | 150       | Hematit                     | 0,5-35                                  | 6,5       |
| Andesit                      |                                       | 160       | Kromit                      | 3-110                                   | 7         |
| Rata-rata batuan beku asam   | 0-80                                  | 8         | Franklinite                 |   | 430       |
| Rata-rata batuan beku basa   | 0,5-97                                | 25        | Pirhotit                    | 1-6000                                  | 1500      |
|                              |                                       |           | Ilmenit                     | 300-3500                                | 1800      |
|                              |                                       |           | Magnetit                    | 1200-19200                              | 6000      |

## METODOLOGI

Peralatan utama yang digunakan untuk survei geomagnetik adalah Proton Magnetometer G-816 dari Geometrics. Peralatan dan perlengkapan lainnya adalah peta, kompas geologi, meteran, jam, buku catatan, buku data, dan alat tulis.

Data geomagnetik yang tersedia berupa peta kesamaan nilai medan magnet total sektor Rabau Hulu. Spasi pengukuran berupa grid dengan jarak 25 m x 25 m dengan luas sekitar 36 hektare. Data yang terdapat dalam peta ini telah melewati proses koreksi waktu dan koreksi harian. Oleh karena itu, nilai-nilai medan magnet yang berada pada peta ini

dapat dikatakan sebagai anomali medan magnet total. Langkah pertama yang dilakukan adalah digitasi peta medan magnet total. Proses digitasi ini dilakukan untuk memperoleh nilai anomali medan magnet total dalam bentuk digital.

Mineralisasi uranium di daerah Rabau Hulu berasosiasi dengan sulfida. Mineralisasi sulfida ini sangat berkaitan dengan struktur/tektonik dan intrusi granit-mikrodiorit yang terdapat di daerah ini. Target dari pengukuran data geomagnetik adalah untuk mendapatkan anomali medan magnetik yang berhubungan dengan susceptibilitas magnet batuan  $k$ . Beberapa mineral sulfida mempunyai kontras susceptibilitas cukup baik terhadap batuan di sekitarnya. Pengolahan anomali medan magnet total hasil digitasi dilakukan untuk memodelkan keberadaan mineral sulfida yang mengisi urat-urat pada batuan.

Pemodelan 2 dimensi menggunakan program inversi dilakukan untuk mengetahui sebaran dan zona *favourable* berdasarkan data anomali medan magnet lokal. Anomali medan magnet lokal diperoleh dengan mengurangi data anomali medan magnet total dengan anomali medan magnet regionalnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geologi Rabau Hulu

Geomorfologi sektor Rabau Hulu merupakan daerah berbukit terjal, berarah barat daya-timur laut dengan elevasi sekitar 450–600 m dan kemiringan lereng berkisar 45° sampai subvertikal. Daerah ini ditempati oleh batuan metasedimen, kompak dengan pelapukan cukup kuat dengan menghasilkan lapisan tanah penutup antara 5–20 m dan merupakan daerah batas air (*watershed*) Sungai Rabau dengan Sungai Jeronang, Sungai Sampurno, dan Sungai Rirang. Litologi sektor Jeronang dan Rabau terdiri atas batuan metasedimen lanau–pasir halus yang diterobos oleh intrusi-intrusi material granitik, greisen dan lamprofir biotit. Batuan metasedimen tersebut diperkirakan mengalami proses metamorfosa tingkat rendah [6].

Secara stratigrafi, daerah Rabau Hulu merupakan bagian tengah (*intermediate serie*) dari Cekungan Kalan yang terdiri dari kuarsit mikro muskovit, kuarsit mikro biotit, kuarsit muskovit, kuarsit leopard, serta terobosan granit dan greisen. Pola penyebaran litologi/stratifikasi secara umum berarah timur laut–barat daya dengan kemiringan 30°–40° ke utara. Batuan dengan lokasi dekat terobosan granit memperlihatkan bintik-bintik hitam yang merupakan segregasi dari mineral kordierit, biotit, andalusit yang sering disebut fasies leopard [7].

Secara regional, granit Sukadana di Pegunungan Schwaner yang berumur Kapur Atas (91–80 juta tahun yang lalu) merupakan pembawa elemen radioaktif dengan ditunjukkan adanya elemen U dan Th. Intrusi granit yang terdapat di Rabau Hulu komposisi mineralnya terdiri atas kuarsa, felspar, plagioklas, biotit, monasit, pirit, pirhotit, dan magnetit dengan nilai radiometri 100–120 c/s. Hasil pengamatan pada contoh inti bor, pemineralan uranium ditemukan bersamaan dengan granit. Mineral radioaktif yang terdapat pada granit menunjukkan bahwa pembentukan mineral uranium berkaitan dengan granit Sukadana berumur Kapur Atas. Batuan granit tersebut diduga sebagai pembawa mineral uranium dan terjadi pada post metamorfik [8].

### Mineralisasi Uranium

Sintesa pembentukan geologi dan mineralisasi uranium sektor Rabau Hulu diawali dengan pembentukan batuan metasedimen kuarsit mikro biotit, kuarsit mikro muskovit, kuarsit biotit, batutanduk yang berumur Permo Karbon [7]. Batuan tersebut diduga mengandung elemen uranium yang terdapat dalam mineral biotit. Pada masa Kapur Awal terjadi proses tektonik yang mengakibatkan terbentuknya struktur bukaan N 80° E sampai N 90° E (Kalan) dan N 70° E sampai N 110° E (Ella Illir). Sedangkan di Pegunungan Schwaner terjadi intrusi granotoid/tonalit pada Kapur Awal yang mengintrusi batuan Permo Karbon. Pada Kapur Akhir (91–80 juta tahun) terjadi intrusi batuan granit yang mengandung unsur mineral yang kaya akan kadar elemen Th, U, Cu, Nb, Mn, dan W yang diduga sebagai granit Sukadana. Akibat intrusi granit tersebut mengakibatkan unsur U yang terdapat dalam mineral biotit pada batuan metasedimen terakumulasi dalam ruang antara mineral dan sebagian terakumulasi dalam bidang fraktur sebagai urat berarah N 70° E sampai N 80° E. Sedang unsur U yang terdapat dalam batuan granit terakumulasi dalam bidang fraktur bersamaan dengan unsur lain (sulfida, silika, gas boron).

Indikasi mineralisasi uranium yang ditemukan di Rabau Hulu dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu terakumulasi dalam bidang tektonik dan terakumulasi dalam pori di antara mineral. Mineral terakumulasi dalam bidang tektonik mengisi bidang frakturasi, berbentuk

urat dengan ketebalan milimetrik–centimetrik dan tersebar tidak merata. Bidang mineralisasi secara umum berarah N 70° E–N 80° E dengan kemiringan ke utara. Sedang mineralisasi dalam pori batuan mengisi ruang antar mineral, berbentuk nodul-nodul [8].

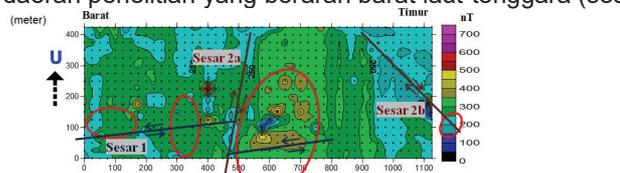
Batuan *favourable* adalah batuan yang mempunyai sifat-sifat yang khas dapat mengandung dan atau ditemukan gejala pemineralan uranium. Batuan *favourable* itu terdiri atas kuarsit mikro biotit dan kuarsit leopard [8]. Secara litofasies dan litogeokimia contoh singkapan dan beberapa inti lubang bor, Sektor Rabau Hulu dibagi menjadi 2 zona, yaitu zona ferromagnesia (zona biotit) yang didominasi oleh batuan kuarsit mikro muskovit dan zona aluminium silikat (zona klorit) yang didominasi oleh batuan kursorit mikro diorit. Penyebaran zona ferromagnesia (zona biotit) terletak di antara zona klorit. Zona ferromagnesia tersebut ditempati oleh batuan *favourable* [9].

Gejala mineralisasi uranium dijumpai dalam bentuk-bentuk tidak teratur dan tidak merata. Mineral radioaktif berupa uraninit berasosiasi dengan ilmenit, magnetit, pirhotit, pirit, molibdenit, spalerit, loringit, bornit, kalkopirit, dan turmalin [7]. Mineralisasi tersebut di lapangan dijumpai sebagai impregnasi breksi tektonik dan atau urat-urat kecil dalam batuan *favourable*. Kontrol mineralisasi uranium adalah litologi (batuan *favourable*), tektonik, dan intrusi-intrusi material granitik/greisen [6].

### Interpretasi Kualitatif

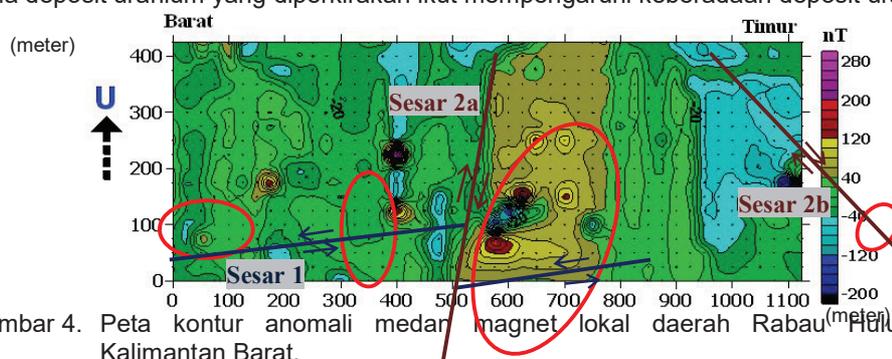
Data geomagnetik mampu memetakan zona struktur dan zona deposit uranium yang terdapat di daerah penelitian. Zona struktur tersebut merupakan kontrol proses mineralisasi yang terjadi. Data anomali medan magnet total ditampilkan dalam bentuk peta kontur anomali medan magnet total seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan anomali medan magnet lokal pada Gambar 4.

Perubahan anomali geomagnetik dapat diakibatkan oleh hadirnya batuan pengisi rekahan patahan, dimana batuan tersebut adalah batuan mineral ataupun intrusi lava. Jika rekahan patahan terisi oleh batuan intrusi maka hal ini akan menimbulkan lonjakan anomali [10]. Dua sesar diperkirakan terdapat di daerah penelitian. Sesar pertama berada di bagian selatan daerah penelitian, berarah barat barat daya-timur timur laut dan sesar kedua berada di bagian tengah dengan arah utara timur laut-selatan barat daya (sesar 2a) yang memotong sesar 1 dan di bagian timur daerah penelitian yang berarah barat laut-tenggara (sesar 2b).



Gambar 3. Peta kontur anomali medan magnet total daerah Rabau Hulu, Kalan, Kalimantan Barat.

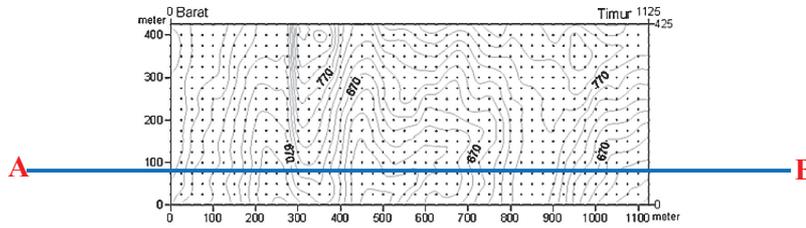
Zona deposit uranium, berdasarkan data geomagnet, sebagian besar berada di bagian tengah daerah penelitian, dari sekitar meter ke 550 sampai meter ke 750 dan cenderung berada di bagian selatan. Beberapa zona yang relatif kecil berada di sisi barat dan timur. Struktur utama berarah barat barat daya-timur timur laut (sesar 1) dan utara timur laut-selatan barat daya (sesar 2a). Salah satu kontrol mineralisasi uranium kontrol tektonik yang ditandai dengan keberadaan sesar dan kekar. Struktur yang kompleks berada pada zona deposit uranium yang diperkirakan ikut mempengaruhi keberadaan deposit uranium.



Gambar 4. Peta kontur anomali medan magnet lokal daerah Rabau Hulu, Kalan, Kalimantan Barat.

**Interpretasi Kuantitatif**

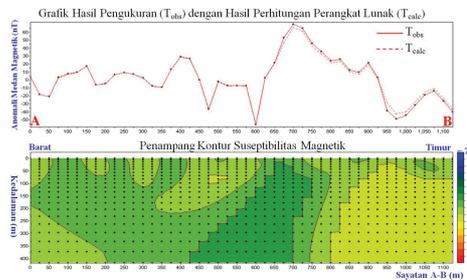
Model 2 dimensi dibuat menggunakan program inversi 2D. Data yang digunakan adalah data anomali medan magnet lokal (Gambar 4) yang diperoleh dengan menghilangkan efek regional pada anomali medan magnet total (Gambar 3). Sayatan A-B pada titik-titik pengambilan data geomagnet ditunjukkan oleh Gambar 5.



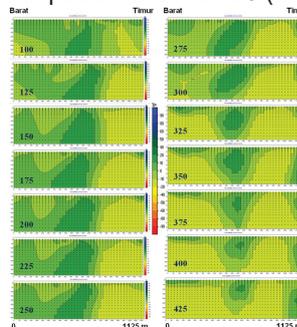
Gambar 5. Sayatan A-B pada titik-titik pengambilan data geomagnet di daerah Rabau Hulu, Kalan, Kalimantan Barat.

Nilai suseptibilitas pada batuan ditentukan oleh keberadaan 3 mineral feromagnetik utama yaitu mineral magnetit, ilmenit, dan pirhotit, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Nilai suseptibilitas pada zona *favourable* diasumsikan bernilai  $\geq 10$  dalam satuan cgs. Nilai suseptibilitas 10 (cgs) setara dengan 0,8 dalam satuan SI [11]. Nilai ini diambil berdasarkan hasil inversi yang juga disesuaikan dengan kondisi geologi daerah penelitian. Gambar 6 menunjukkan bahwa zona *favourable* batuan berada pada meter ke 500 sampai meter ke 700 (dari barat). Zona ini semakin membesar seiring kedalaman dan memiliki kemiringan relatif ke timur. Namun demikian, keberadaan sulfida yang berasosiasi dengan deposit uranium dimungkinkan terjadi pada batuan dengan nilai suseptibilitas kurang dari 10 (cgs). Hal ini karena pengaruh struktur sehingga deposit mengisi bidang rekahan struktur dalam dimensi yang relatif kecil.

Hasil inversi data geomagnetik secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar ini memperlihatkan keberadaan zona *favourable* dominan berada pada bagian tengah (selatan) daerah penelitian yang ditunjukkan oleh batuan dengan nilai suseptibilitas magnetik  $\geq 10$  (cgs). Zona ini menerus dari selatan ke utara. Tubuh zona semakin mengecil ke arah utara dan semakin membesar ke selatan. Zona lain terdapat di bagian timur laut daerah penelitian dengan volume relatif lebih kecil dibanding dengan zona utama di bagian tengah (selatan).



Gambar 6. Penampang 2 dimensi (sayatan A-B) hasil pengolahan data geomagnetik pada meter ke 125 (dari selatan).



Gambar 7. Penampang 2 dimensi hasil pengolahan data geomagnetik pada meter ke 100 sampai meter ke 425 (selatan ke utara) menggunakan program inversi 2D.

## KESIMPULAN

Deposit uranium di daerah Rabau Hulu pada umumnya berasosiasi dengan sulfida dan turmalin yang terdapat dalam batuan *favourable*. Distribusi mineral sulfida menggambarkan distribusi deposit uranium dalam batuan. Struktur geologi berupa sesar yang berarah barat barat daya-timur timur laut, utara timur laut-selatan barat daya yang memotong sesar 1, dan barat laut-tenggara. Anomali medan magnet lokal terkonsentrasi pada zona deposit uranium dan berada di zona sesar. Zona deposit uranium diperkirakan memiliki susceptibilitas magnetik  $\geq 10$  dalam satuan cgs.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada PTBGN-BATAN yang telah mendukung penelitian ini baik dari dana maupun ketersediaan data. Juga kepada Bapak Supriyanto dari FMIPA Universitas Indonesia yang telah memberikan bimbingan dan masukan terutama dalam hal pengolahan data.

## DAFTAR PUSTAKA

1. International Atomic Energy Agency (IAEA), "Analysis of uranium supply to 2050", IAEA Publications, www-pub.iaea.org, Vienna, 2001. Diakses tanggal 23 Mei 2016.
2. Ngadenin, Djoko S., Soeprapto T., Retno W., Lilik S., Manto W., Bambang S., Wusono, Y., Rusmadi, Handoko, Sujiman, dan Paimin, "Sintesis Geologi dan Mineralisasi Uranium Cekungan Kalan, Kalimantan Barat", Kapita Selekta Sintesis Geologi dan Mineralisasi Uranium Kalan dan Sekitarnya, Laporan Internal PPBGGN (2005).
3. Lowrie, W., *Fundamental of Geophysics* (2nd ed.), New York: Cambridge University Press (2007).
4. Telford, W.M., Geldart, L. P., Sherrif, R.E., and Keys, D. A., "Applied Geophysics (2nd ed.)", Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne (1990).
5. Milsom, J., "Field Geophysics (3rd ed.) – The Geological Field Guide Series", John Willey & Sons Ltd. England (2003).
6. Iwan I., "Laporan Penyelidikan Metode Polarisasi Terimbas dan Magnetik di Daerah Jeronang Hulu dan Rabau Hulu, Kalimantan Barat", PT. ANTAM Unit Geologi (1985).
7. Bambang S., Retno W., dan Yanu W., "Sintesis Geologi dan Mineralisasi Uranium Sektor Rabau Hulu, Kalimantan Barat", *Eksplorium*, Vol.25, No.134, hal.13–25, (2004).
8. Sarwiyana S.A., Dwiyono, Manto W., dan Aldan D., "Laporan Akhir Prospeksi Super Detail Sektor Rabau Hulu Kalimantan Barat", P2BGN-BATAN, Jakarta (1995).
9. Sodikin M.E., Zainuddin H., Dwiyono, Kaswadi, dan Herwandi S., "Laporan Pelaksanaan Kerja Lapangan Tim Litogeokimia-Litofasies di Rabau Hulu Kalimantan Barat", P2BGN-BATAN, Jakarta (1993).
10. Fashihullisan, A.L., A. Susilo, dan A.F. Jam'an, "Identifikasi Daerah Sesar dan Intrusi Berdasarkan Perbandingan Antara Filter (RTP, Upward, Downward, dan Aniltic Signal) Data Mapping Regional Magnetik Daerah Garut, Jawa Barat", *Physics Student Journal*, Vol.2, No.1, hal.1–7 (2014).
11. Bournas, N., and Baker, H.A., "Interpretation of Magnetic Anomalies Using The Horizontal Gradient Analytic Signal", *Annali di Geofisica*, Vol.44, No.3, pp.505-526 (2001).