

PEMODELAN DAN ESTIMASI SUMBER DAYA URANIUM DI SEKTOR LEMBAH HITAM, KALAN, KALIMANTAN BARAT

URANIUM RESOURCES MODELING AND ESTIMATION IN LEMBAH HITAM SECTOR, KALAN, WEST KALIMANTAN

Adi Gunawan Muhammad*, Bambang Soetopo
Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – BATAN,
Jl. Lebak Bulus Raya No.09, Ps. Jumat, Jakarta, 12440
E-mail: adigm@batan.go.id

Naskah diterima: 15 April 2016, direvisi: 26 Mei 2016, disetujui: 30 Mei 2016

ABSTRAK

Sektor Lembah Hitam merupakan bagian dari Pegunungan Schwaner dan stratigrafi bagian atas Cekungan Kalan. Lapisan pembawa uranium (U) berasosiasi dengan metabatulanau dan metapelit sekistosan berarah N 265° E/60° S. Pemboran evaluasi telah dilakukan dengan jarak 50 m dari titik yang sudah ada (FKL 14 dan FKL 13) untuk mengetahui model dan jumlah sumber daya U berkategori terukur. Untuk mencapai tujuan tersebut beberapa kegiatan perlu dilakukan, yaitu mengkaji hasil penelitian terdahulu, pendataan geologi dan pemineralan U, estimasi kadar secara kuantitatif menggunakan *log gross-count gamma ray*, pembuatan basis data, pemodelan dan estimasi sumber daya U. Berdasarkan pemodelan sepuluh titik pemboran dan didukung dengan data pengamatan inti pemboran, rata-rata kadar mineralisasi U di sektor Lembah Hitam dapat diketahui. Kadar rata-rata berkisar antara 0,0076 – 0,95 % eU₃O₈, dengan tebal mineralisasi berkisar antara 0,1 – 4,5 m. Mineralisasi U hadir sebagai isian fraktur (urat) atau kelompok urat dan sebagai isian matrik breksi tektonik, berasosiasi dengan mineral pirit, pirhotit, magnetit, molibdenit, turmalin, dan kuarsa dalam metabatulanau dan metapelit sekistosan. Penghitungan sumber daya U terhadap 26 tubuh bijih dengan radius pencarian 25 m didapatkan tonase bijih sebesar 655,65 ton. Menggunakan *cut-off grade* 0,01 % eU₃O₈ dihasilkan bijih sebanyak 546,72 ton dengan rata-rata kadar 0,101 % eU₃O₈. Sumber daya U dikategorikan sebagai sumber daya terukur berkadarnya rendah.

Kata kunci: Lembah Hitam, sumber daya, uranium

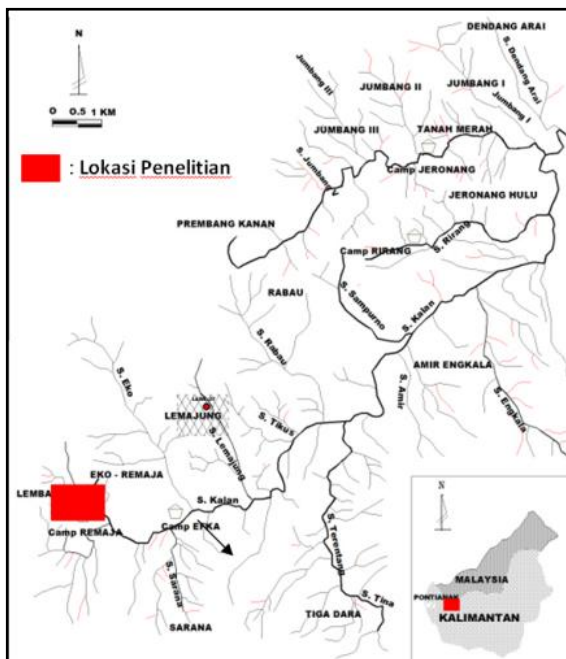
ABSTRACT

Lembah Hitam Sector is part of Schwaner Mountains and Kalan Basin upper part stratigraphy. Uranium (U) mineralization layer is associated with metasilstone and metapelites schistose heading to N 265° E/60° S. Evaluation drilling carried out with a distance of 50 m from an existing point (FKL 14 and FKL 13) to determine the model and the amount of U resources in measured category. To achieve these objectives some activities including reviewing the previous studies, geological and U mineralization data collecting, grades quantitative estimation using log gross-count gamma ray, database and modeling creation and resource estimation of U carried out. Based on modeling on ten drilling data and completed with drilled core observation, the average grade of U mineralization in Lembah Hitam Sector obtained. The average grade is ranging from 0.0076 - 0.95 % eU₃O₈, with a thickness of mineralization ranging from 0.1 - 4.5 m. Uranium mineralization present as fracture filling (veins) or groups of veins and as matrix filling in tectonic breccia, associated with pyrite, pyrrhotite, magnetite, molybdenite, tourmaline and quartz in metasilstone and metapelites schistose. Calculation of U resources to 26 ores body using 25 m searching radius resulted in 655.65 tons ores. By using 0.01 % cut-off grade resulted in 546.72 tons ores with an average grade 0.101 % eU₃O₈. Uranium resource categorized as low-grade measured resources.

Keywords: Lembah Hitam, resources, uranium

PENDAHULUAN

Secara regional, Sektor Lembah Hitam termasuk dalam jalur Pegunungan Swaner dan merupakan bagian atas dari Stratigrafi Cekungan Kalan. Secara administratif sektor ini merupakan bagian dari Kecamatan Ella Illir, Kabupaten Melawi, Kalimantan Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian (kotak merah) yang berada di Sektor Lembah Hitam, Kalimantan Barat.

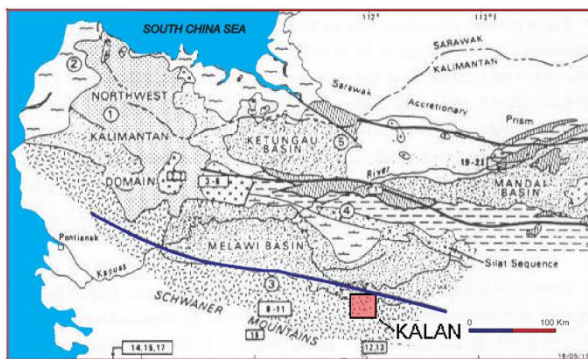
Sektor Lembah Hitam sangat prospek ditinjau dari keterdapatannya mineralisasi uranium (U), baik di permukaan maupun di bawah permukaan [1]. Litologi yang dijumpai di sektor ini terdiri dari metapelite, metapelite jeronang, metabatuanau, metaampelite dan metapelite sekistosan. Pada Sektor Lembah Hitam lapisan pembawa U adalah batuan metabatuanau dan metapelite sekistosan yang berkedudukan N 265° E/60° S. Lapisan pembawa U tersebut berdimensi vertikal ± 400 m dan horizontal 80 – 100 m. Pemineralan berada di breksi sesar dan kekar dengan arah N 280° E/60°-70° E, sejajar dengan sekistositas [1] berasosiasi dengan

pirit, pirhotit, magnetit, molibdenit, turmalin, dan kuarsa dengan nilai radiometri berkisar antara 1.000 – 15.000 c/s.

Dalam rangka menunjang kegiatan evaluasi lebih lanjut maka pemodelan estimasi sumber daya U dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh model dan sumber daya U dengan kategori terukur di Sektor Lembah Hitam, Kalimantan Barat. Untuk mencapai tujuan ini, pemboran evaluasi telah dilakukan dengan jarak 50 m dari titik yang sudah ada (FKL 14 dan FKL 13). Pemboran ini bertujuan untuk mengetahui penerusan pola penyebaran pemineralan mineralisasi U dan menghitung estimasi sumber daya. Penaksiran atau estimasi sumber daya ini penting karena dapat memberikan taksiran kuantitas (ton) dan kualitas (kadar) sumber daya bijih, memberikan perkiraan bentuk 3 dimensi bijih serta distribusi ruang (spasial) dari nilai dan jumlah sumber daya yang akan menentukan umur tambang. Pada akhirnya, dengan dilakukannya kegiatan ini status sumber daya akan meningkat.

TEORI

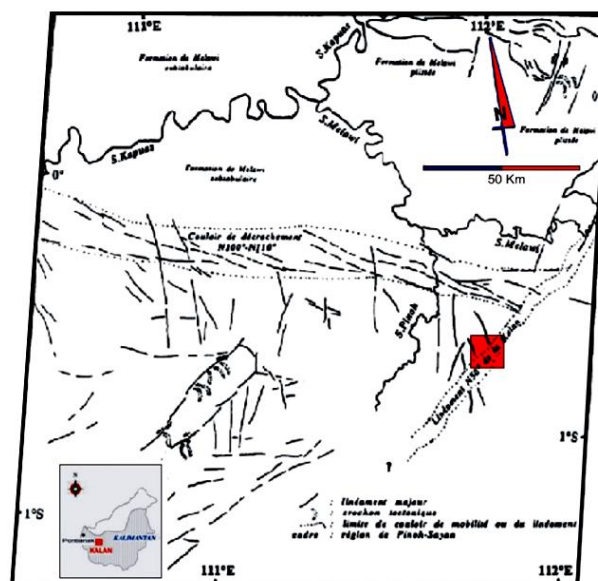
Secara regional daerah penelitian termasuk ke dalam rangkaian Pegunungan Swanner [2] (Gambar 2). Dataran tinggi Swanner terdiri dari pegunungan yang tertutup hutan lebat, umumnya berkemiringan lereng lemah – sedang, mulai dari dataran rendah Melawi ke utara dengan ketinggian maksimum kurang lebih 1.700 m [3]. Dataran tinggi tersebut terbentuk oleh batuan granit dan malihan yang diterobos oleh sedikit batuan sub-gunungapi di barat laut, di hulu Sungai Sepauk.



Gambar 2. Lokasi daerah penelitian (kotak merah) yang termasuk dalam Cekungan Kalan di dalam fisiografi regional Kalimantan Barat [2].

Puncak tertinggi dan lereng berkemiringan terjal umumnya terdapat di batuan malihan. Sungai utama dan cabang-cabangnya cenderung mengalir berkelok dengan banyak sungai lurus yang mencerminkan retakan atau pecahan dari batuan. Cabang-cabang sungai kecil umumnya membentuk pola aliran dendritik.

Secara tektonik, daerah Pegunungan Schwaner di bagian utara dibatasi oleh sistem sesar berarah N 100° – N 110° E sebagai akibat terbentuknya Cekungan Melawi, kemudian terisi oleh sedimen yang sangat tebal. Beberapa elemen struktur yang dikenali pada batuan metamorf fasies rendah adalah kelurusan N 50° E di daerah Kalan dan N 150° - 160° E di daerah Ella Ilir. Sementara itu, batuan metamorfik dengan fasies lebih tinggi di Laur Ella berkelurusan N 120° E. Kelurusan Kalan berarah N 50° E adalah arah tektonik di daerah Kalan, merupakan tektonik tua yang teraktivasi kembali [4] (Gambar 3).



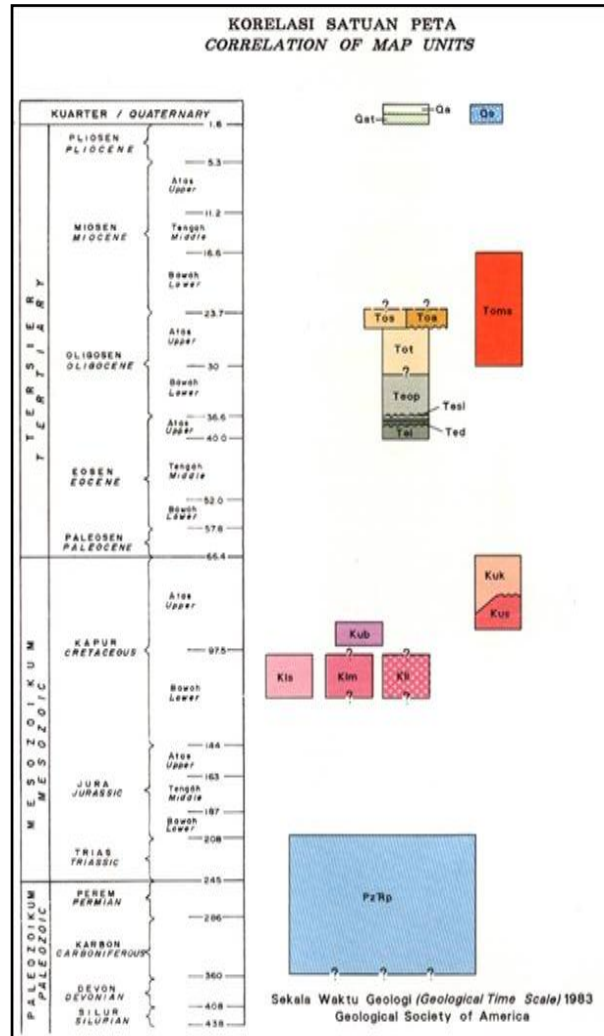
Gambar 3. Lokasi daerah penelitian (kotak merah) secara tektonik berarah N 50° E merupakan arah tektonik regional di daerah Kalan dan sekitarnya [4].

Stratigrafi regional daerah Kalan dan sekitarnya disusun oleh beberapa satuan batuan diantaranya Batuan Malihan Pinoh (PzRp), Tonalit Sepauk (Kls), Granit Sukadana (Kus), dan Terobosan Sintang (Toms) [3,5,6]. Secara rinci stratigrafi regional daerah penelitian dari urutan tua ke muda adalah sebagai berikut (Gambar 4 dan 5):

- Batuan Malihan Pinoh (PzRp) tersebar cukup luas di daerah Pegunungan Schwaner, mulai dari Nangataman di Kalimantan Barat sampai di Tumbang Hiran Kalimantan Tengah [5] (Gambar 5). Komplek batuan metamorf ini sering disebut sebagai batuan metamorf Pinoh, terdiri dari sedimen Paleozoik berfasies laut neritik sampai sub-kontinental, berukuran butir halus dari pasir halus sampai lempung dengan interkalasi material vulkanik yang telah mengalami proses metamorfisme regional pada tekanan 2000 bar dan suhu 540° C [4]. Pada batuan tersebut

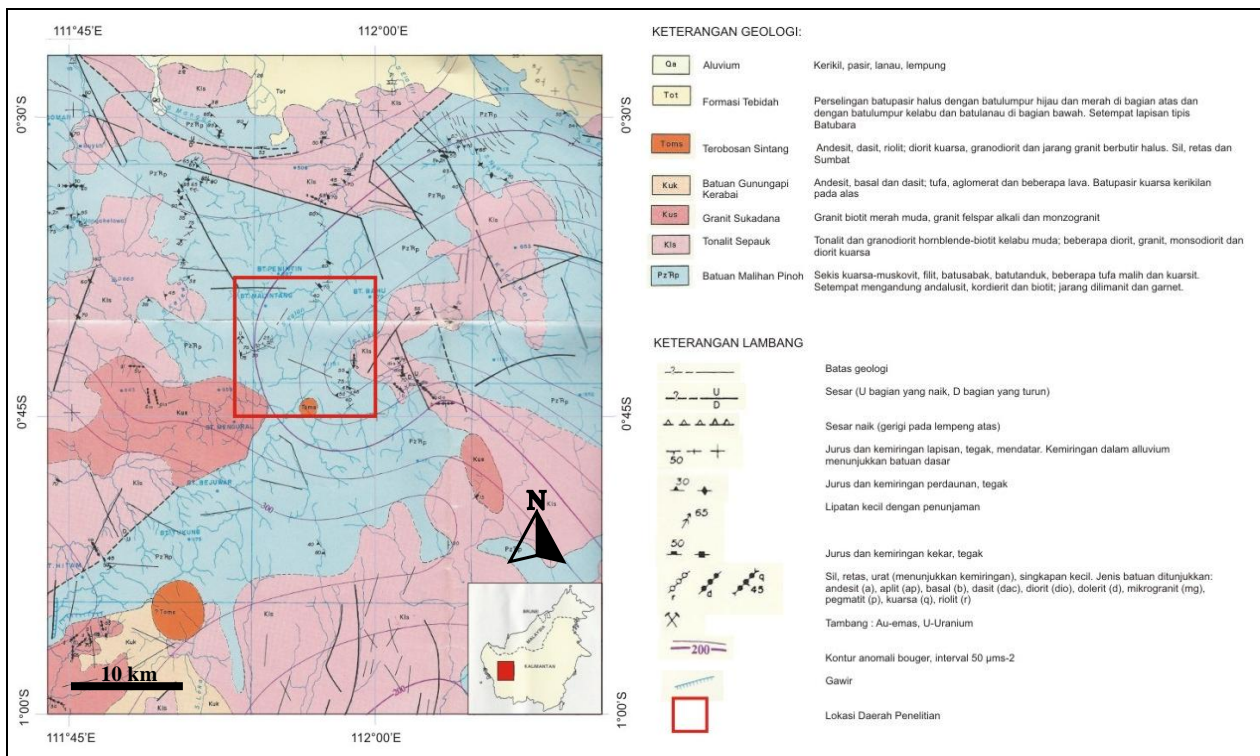
ditemukan batugamping mengandung fosil *Fusulinidae* yang menunjukkan umur Karbon Atas [5].

- Tonalit Sepauk (Kls) tersebar cukup luas di Pegunungan Schwaner, yang terdiri dari granodiorit hornblende-biotit kelabu muda, tonalit dan beberapa diorit, granit. Tonalit Sepauk tersebut mengintrusi Batuan Malihan Pinoh, sehingga batuan malihan tersebut seolah-olah mengambang diatas kompleks tonalit. Granodiorit-monzonit dari kompleks tonalit tersebut sebagai granit Laur dan berumur Kapur Bawah [5].
- Granit Sukadana (Kus) adalah granit yang berumur Kapur Akhir [5] berbentuk batolit, tersebar luas di daerah Ketapang dan sebagai intrusi-intrusi yang lebih kecil di Nangataman, Nanga Pinoh sampai Tumbang Manjul. Granit Sukadana ini terdiri dari granit berwarna merah muda, granit feldspar alkali, dan monso granit. Granit ini adalah granit pembawa elemen radioaktif atau sering disebut sebagai *hot granit* [5].
- Batuan Terobosan Sintang (Toms) terdiri atas batuan andesit, dasit, riolit, diorit kuarsa halus, granodiorit dan sedikit granit menerobos Tonalit Sepauk dan Batuan Malihan Pinoh. Batuan ini berumur Oligosen Atas – Miosen Bawah dan dijumpai sebagai sumbat, *stock* dan retas sub-gunung api.



Gambar 4. Kolom stratigrafi regional daerah penelitian [3].

Secara regional Cekungan Kalan adalah cekungan sedimenter yang terdiri dari sedimen Permokarbon berbutir kasar - halus yang termetamorfose tingkat rendah. Secara stratigrafi litologi Cekungan Kalan dibagi menjadi tiga seri, yaitu seri bawah (*lower series*), seri tengah (*intermediet series*) dan seri atas (*upper series*). Sektor Lembah Hitam termasuk seri atas atau *upper series* yang dicirikan berselingan batuan vulkanik dan sedimen pada beberapa tempat mengandung material karbon [4].



Gambar 5. Peta geologi regional daerah penelitian [3].

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan meliputi beberapa kegiatan yang perlu dilakukan antara lain:

- Mengkaji hasil penelitian terdahulu mengenai data geologi dan pemineralan U, baik permukaan maupun bawah permukaan (pemboran eksplorasi).
- Pengambilan data geologi dan pemineralan U baik data permukaan maupun bawah permukaan Sektor Lembah Hitam.
- Estimasi kadar secara kuantitatif menggunakan *Log Gross-Count Gamma Ray*.
- Pembuatan basis data.
- Pemodelan dan estimasi sumber daya U

Dalam eksplorasi U, *logging gross-count gamma ray* merupakan metoda kuantitatif yang sederhana dan relatif cepat untuk menemukan dan mengevaluasi mineralisasi U

[7]. Unit pengukuran dalam *logging gross-count gamma ray* adalah laju cacah (*count rate*), yaitu jumlah *gamma ray* yang tercacah per unit waktu (*cps, count/second*) [7,8]. Berbeda dengan satuan unit yang biasa digunakan dalam dunia perminyakan, gas ataupun batubara yang menggunakan *gamma ray* dengan satuan unit API [9]. Dengan asumsi kalibrasi API tepat dan pengukuran aktivitas hanya berasal dari seri U dalam kondisi *equilibrium*, maka 1 API unit $\approx 2 \times 10^{-5} \% eU_3O_8$ [7] sehingga *log gamma ray* jenis ini tidak cocok digunakan pada kondisi dengan tingkat radiasi lebih besar 5 kali dari level *shale* dan di desain untuk mendeteksi level rendah [10].

Pengukuran *logging* memanfaatkan radioaktivitas U dan produk peluruhannya. Radiasi gamma yang tercatat oleh sistem *logging gross-count gamma ray* terutama berasal dari peluruhan produk ^{238}U . ^{238}U meluruh membentuk suatu seri produk peluruhan [11]. Walau demikian U sendiri

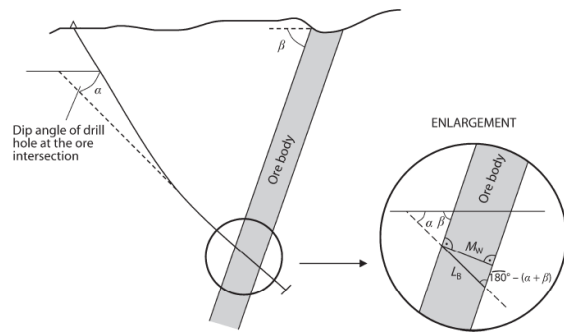
tidak memancarkan sinar gamma, peluruhannya dengan memancarkan partikel α . Produk peluruhan U merupakan sumber sinar gamma [7]. Diantara produk luruhannya, ^{214}Pb dan ^{214}Bi berkontribusi besar terhadap sinar gamma yang terekam oleh sistem *logging gross-count gamma ray*. Prinsip dasar *logging gross-count gamma ray* adalah:

$$G_{\gamma} \cdot T = k \cdot A \quad [8]$$

Simbol “A” mencerminkan luas area terkoreksi dalam kurva log gamma dalam unit *cps-m*. G_{γ} adalah rata-rata ekivalen radiometri kadar U dalam suatu zona mineralisasi dengan panjang “T” sepanjang lubang bor. K (k-faktor), ditentukan oleh kalibrasi sistem alat dan merupakan unit ekivalen kadar U/jumlah *gamma ray* yang tercacah per unit waktu (% $e\text{U}_3\text{O}_8/\text{cps}$). Ekivalen kadar U (% $e\text{U}_3\text{O}_8$ atau eU) dihitung dari pengukuran aktivitas sinar gamma. Huruf “e” mengindikasikan bahwa unit ini berasosiasi dengan suatu pengukuran aktivitas *gamma ray* produk peluruhan U. Jika *logging gross-count gamma ray* digunakan, selain asumsi kesetimbangan (*equilibrium*) radioaktif, harus juga diasumsikan bahwa unsur radioaktif lainnya seperti thorium dan potasium tidak berkontribusi secara signifikan terhadap laju pencacahan [7].

Dalam estimasi ekivalen kadar menggunakan kurva *gross-count gamma ray* maka hasil perhitungannya harus dikoreksi dengan mengkalikannya dengan beberapa factor koreksi, antara lain casing, diameter lubang bor dan media pengisi lubang bor [12]. Suatu pemboran jika dilakukan tegak lurus dengan bidang mineralisasi maka tebal mineralisasi pada lubang bor merupakan tebal mineralisasi sebenarnya. Namun demikian karena pertimbangan tertentu maka pemboran seringkali dilakukan tidak tegak lurus terhadap bidang mineralisasi sehingga

ketebalan yang didapatkan pada lubang bor merupakan ketebalan semu, sehingga diperlukan suatu koreksi terhadap tebal semu tersebut sehingga didapatkan tebal sebenarnya [13]. Suatu *true thickness* atau ketebalan sebenarnya dapat dihitung secara grafik [13] (Gambar 7).



Gambar 7. Penampang vertikal untuk menghitung tebal sebenarnya pada suatu perpotongan lubang bor dengan bidang mineralisasi [13].

Jika panjang pemboran adalah L_b , maka ketebalan sebenarnya (M_w) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$M_w = L_b \times \sin [180 - (\alpha + \beta)] \\ = L_b \times \sin (\alpha + \beta)$$

Ketebalan bidang mineralisasi umumnya ditentukan dengan bantuan titik setengah amplitudo yaitu saat pengukuran mencapai setengah nilai dari defleksi kurva *log gamma ray* (nilai maksimum) [10].

Pembuatan basis data terdiri dari beberapa tabel yang masing-masing mengandung tipe data yang berbeda. Pembuatan basis data digunakan untuk mengoreksi pengelompokkan serta kebenaran data eksplorasi yang akan menghasilkan penyebaran titik bor yang merupakan data dasar dalam estimasi sumber daya [14]. Basis data yang dibutuhkan untuk pemodelan dan estimasi sumber daya adalah koordinat titik bor (*collar*), kedalaman dan inklinasi bor (*survey*), kadar mineralisasi U dalam % $e\text{U}_3\text{O}_8$ (*assay*) dan litologi (*geology*).

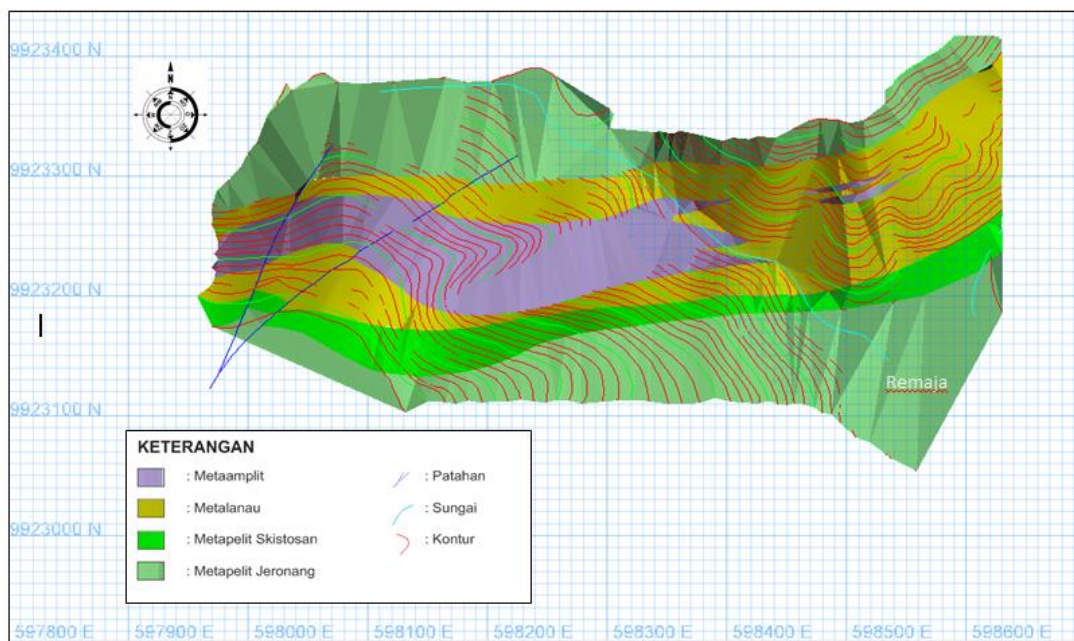
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi daerah Lembah Hitam

Secara umum litologi Sektor Lembah Hitam terdiri dari metapelit andalusit biotit (Jerongang atas), metapelit andalusit (Jerongang bawah), metabatulanau, metapelit, metaampelit, dan metapelit sekistosan (Gambar 6). Metaampelit berwarna abu-abu hitam – hitam, kadang-kadang kemerahan akibat alterasi. Batuan ini sangat kompak, mengandung kuarsa, serisit, karbon, berukuran pelitik, penyebaran relatif barat – timur dengan kemiringan subvertikal berkisar antara 50° – 70°. Bidang sekistositas dan stratifikasi terlihat jelas, serta terdapat urat-urat kuarsa, pirit, pirhotit ukuran milimetrik sejajar dengan bidang sekistositas. Nilai radiometri batuan sebesar 150 c/s.

Metabatulanau berwarna abu-abu – abu coklat, ukuran lanau, komposisi kuarsa, felspar, serisit, biotit. Secara umum nilai radiometri batuan ini sebesar 150 c/s. Batuan tersebut tersilisifikasi dan terdapat urat mineralisasi U dengan nilai radioaktivitas 500 c/d – 5.000 c/s.

Metapelit andalusit biotit merupakan lapisan teratas, terdapat di bagian utara sektor. Batuan ini berwarna abu-abu (segar), coklat kemerahan (lapuk), berbutir halus, mengandung banyak andalusit dengan bentuk bintik-bintik. Nilai radiometri batuan sebesar 125 c/s. Sesar yang ditemukan di lapangan berdasarkan indikasinya secara umum berarah relatif timur laut – barat daya berupa sesar mendatar dekstral N 50° E.



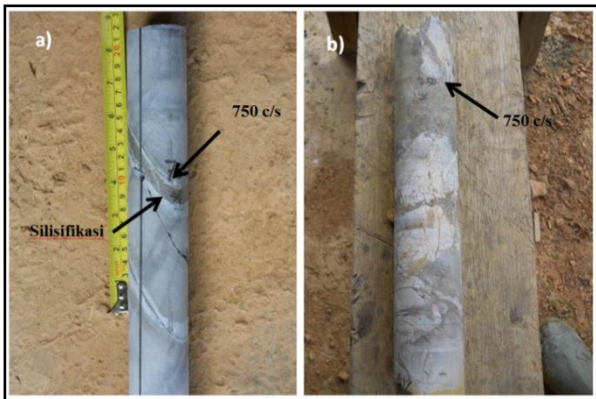
Gambar 6. Peta Geologi Sektor Lembah Hitam Kalan Kalimantan Barat.

Mineralisasi Uranium

Pada Sektor Lembah Hitam, lapisan pembawa U adalah batuan metabatulanau dan metapelit sekistosan yang berarah N 265° E/60° S. Lapisan pembawa U tersebut berdimensi vertikal ± 400 m dan horisontal 80 – 100 m. Pemineralan berada di breksi sesar dan kekar berarah N 280° E dengan

kemiringan relatif ke utara sebesar 60° - 70° sejajar dengan sekistositas, berasosiasi dengan pirit, pirhotit, magnetit, molibdenit, turmalin, dan kuarsa (Gambar 7). Nilai radiometri berkisar antara 1.000 – 15.000 c/s. Batuan favorabel U di Kalan Hulu berupa kelompok batuan metapelit sekistosan,

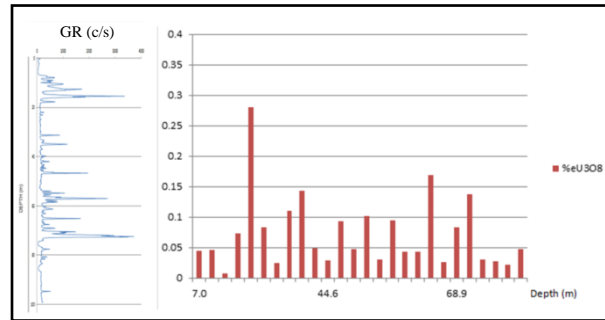
metabatulanau dan metaampelit. Kelompok batuan ini dibatasi oleh batuan steril atau batuan yang tidak mengandung U, yaitu batuan metapelit biotit andalusitan (metapelit Jeronang Atas) di bagian utara dan metapelit andalusit di bagian selatan, berarah N 50° E, dengan kemiringan sub vertikal relatif ke selatan. Batuan favorabel dicirikan oleh terdapatnya mineral U dan langkanya mineral andalusit. Mineralisasi U terbentuk pada bukaan tektonik yang berarah relatif barat – timur dan miring ke utara sejajar dengan bidang sekistositas.



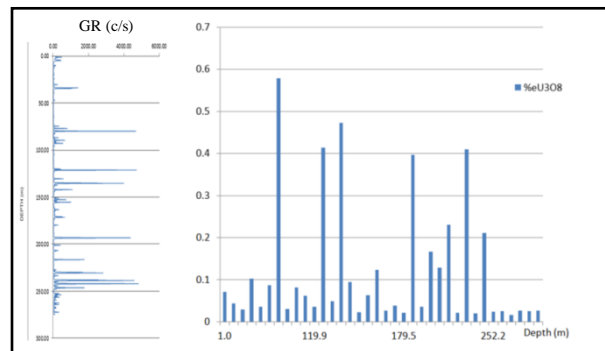
Gambar 7 a) Mineralisasi U sebagai urat dengan tebal 2 cm dengan nilai radioaktivitas 750 c/s dan b) Mineralisasi U sebagai isian matrik breksi tektonik pada inti bor LHL 1 dengan nilai radioaktivitas 750 c/s.

Estimasi Kadar

Estimasi kadar menggunakan *log gross-count gamma ray* ini dilakukan pada dua lubang bor evaluasi, yaitu LHL01 dengan kedalaman 100,1 m dan LHL02 dengan kedalaman 275,05 m. Proses pemboran tersebut telah dilaksanakan pada tahun 2014. Hasil estimasi kadar menggunakan *log gross-count gamma ray* dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Estimasi kadar secara kuantitatif dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* pada LHL01 dengan kedalaman pemboran 100,1 m.



Gambar 9. Estimasi kadar secara kuantitatif dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* pada LHL02 dengan kedalaman pemboran 275,05 m.

Dari hasil analisis logging gamma didukung dengan data inti bor pada LHL01 memperlihatkan bahwa mineralisasi U berkembang intensif di interval kedalaman 7,0 – 17,9 m; 31,19 – 35,19 m; 46,26 – 57,37 m dan 65,01 – 72,79 m sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metabatulanau dengan ketebalan berkisar antara 0,2 - 117 cm dan kadar eU_3O_8 tertinggi mencapai $0,2797 \approx 2371$ ppm eU di kedalaman 15,22 – 16,03 m. Gambar respon *log gross-count gamma ray* terhadap mineralisasi U di lubang bor LH-01 dan hasil estimasi kadar mineralisasi U dapat dilihat pada gambar 8.

Sementara itu, mineralisasi U di LHL02 berkembang intensif mulai dari permukaan, interval kedalaman 30,1 – 34,5 m; 74,3 – 80,0 m; 86,7 – 92,8 m; 119,9 – 155,4 m; 193 – 193,4; dan 229,7 – 246,4 m

sebagai isian fraktur (urat) atau sebagai isian matrik breksi tektonik pada metabatuan dengan ketebalan berkisar antara 10 – 49 cm dan kadar eU_3O_8 tertinggi mencapai $0,5781 \approx 4902$ ppm eU di kedalaman 79,9 – 80,01 m. Respon *log gross-count gamma ray* terhadap mineralisasi U di lubang bor LHL-02 dan hasil estimasi kadar mineralisasi U-nya selengkapnya dapat dilihat pada gambar 9.

Pemodelan dan Estimasi Sumber Daya

Pemodelan dan perhitungan sumber daya U dilakukan dengan tujuan mendapatkan model bentuk bijih dan besaran sumber daya berkategori. Pemodelan merupakan pekerjaan yang sangat kompleks dimulai dari penyusunan basis data, korelasi bijih, pembuatan DTM topografi, dan estimasi sumber daya menggunakan blok model. Hasil dari data analisa inti bor, *log gross-count gamma ray* dengan didukung data geologi permukaan dipakai sebagai dasar di dalam pekerjaan korelasi [15]. Teknik korelasi yang akan diterapkan menggunakan pendekatan litostratigrafi dengan mengacu pada hasil penelitian terdahulu.

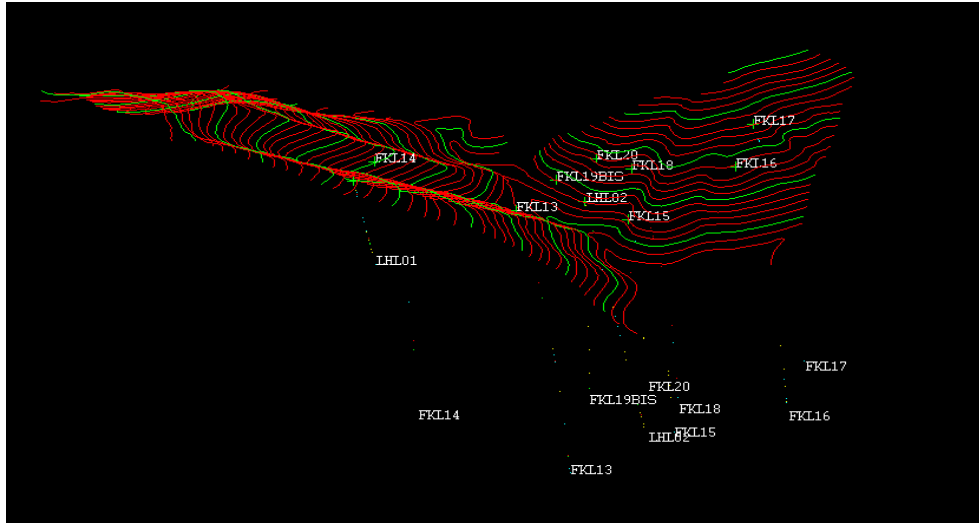
Pemodelan dan estimasi sumber daya ini menggunakan 248 data hasil analisis *log gamma* yang berasal dari sepuluh (10) data lubang pemboran Tabel 1. Delapan data lubang pemboran merupakan data lama (sebelum 2014), sementara dua data lagi merupakan data pemboran tahun 2014, yaitu LHL01 dan LHL02 (Gambar 10). Pemboran-pemboran tersebut memiliki azimuth N 180° E dan inklinasi $64^\circ - 90^\circ$. Hasil penyusunan basis data dari 10 data pemboran terlihat bahwa kadar mineralisasi U

berkisar antara 0,0076 – 0,95 % eU_3O_8 , dengan rerata kadar 0,1303 % eU_3O_8 dan tebal mineralisasi (tubuh bijih) berkisar antara 0,1 – 4,5 m.

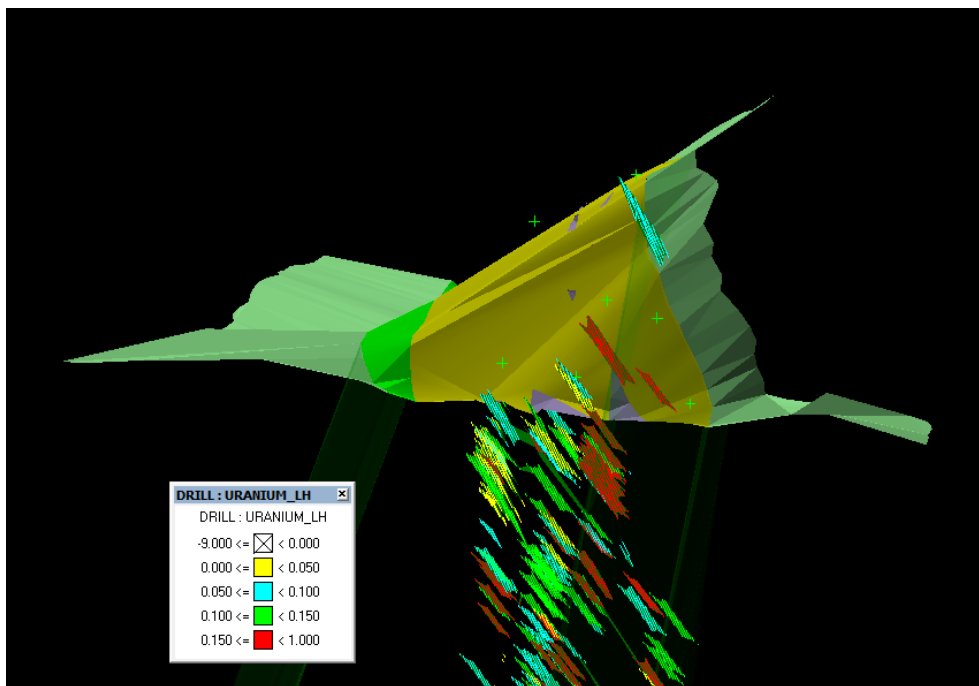
Tabel 1. Data pemboran Sektor Lembah Hitam.

No	Titik Bor	Elevasi (m)	Azimuth N° E	Inklinasi°	Kedalaman (m)
1.	FKL13	440,58	180	65 – 90	360,55
2.	FKL14	498,52	180	56 – 90	327,65
3.	FKL15	429,67	180	50 – 90	288,51
4.	FKL16	469,52	180	50 – 90	351,85
5.	FKL17	489,52	180	58-90	306,85
6.	FKL18	460,45	180	60 – 90	285,86
7.	FKL19BIS	433,68	180	50 – 90	284,75
8.	FKL20	462,14	180	58 – 90	276,7
9.	LHL01	504,15	180	85	100,1
10.	LHL02	435,89	180	85	275,05

Dari hasil pemodelan 10 titik pemboran dan didukung dengan data pengamatan inti pemboran, dapat diketahui bahwa mineralisasi U yang ada di Sektor Lembah Hitam dijumpai sebagai isian fraktur (urat) atau kelompok urat dan sebagai isian matrik breksi tektonik, berasosiasi dengan mineral pirit, pirhotit, magnetit, molibdenit, turmalin, dan kuarsa dalam metabatuan dan metapelite sekistosan (Gambar 7). Secara umum urat, kelompok urat dan isian matrik breksi tektonik (breksi mineralisasi) tersebut memiliki ketebalan sentimetrik hingga metrik dan secara umum mempunyai kedudukan relatif barat – timur miring $60^\circ - 70^\circ$ ke utara. Berdasarkan hasil pemodelan mineralisasi U hingga kedalaman 300 meter, maka permineralan U tersebut dapat dikelompokkan menjadi 26 kelompok bidang mineralisasi (BM), dan terdapat pada zona favorabel metabatuan dan metapelite sekistosan yang diapit oleh zona steril (Gambar 11).



Gambar 10. Lokasi pemboran sektor Lembah Hitam dan kenampakan distribusi kadar U secara 3D pada masing-masing lubang pemboran.



Gambar 11. Kenampakan mineralisasi U di Sektor Lembah Hitam, mineralisasi U hadir sebagai urat, kelompok urat atau isian matrik breksi sesar dan dapat dikelompokkan menjadi 26 kelompok bidang mineralisasi (BM).

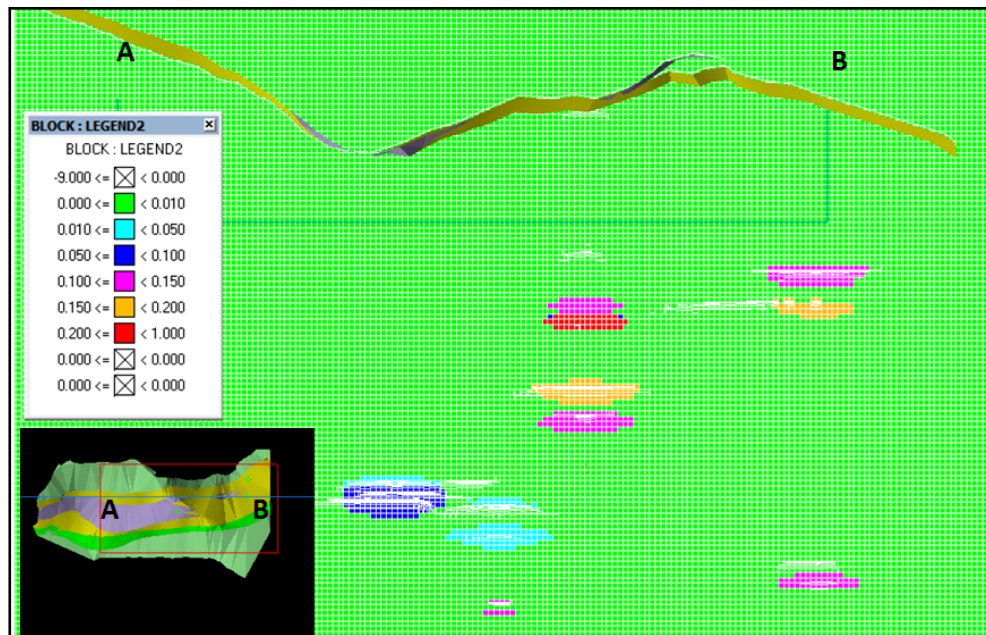
Estimasi sumber daya di sektor Lembah Hitam dilakukan untuk mendapatkan sumber daya U dengan kategori terukur. Estimasi sumber daya menggunakan metoda inverse distance dengan orientasi pencarian bearing 90° , dip 70° berbentuk elipsoidal. Metoda inverse distance atau metoda jarak terbalik adalah suatu cara penaksiran dimana kadar suatu blok merupakan kombinasi linier atau

harga rata-rata bobot (*weighted average*) dari kadar komposit lubang bor di sekitar blok tersebut. Komposit di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan komposit yang jauh dari lubang bor bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari blok yang ditaksir.

Dimensi blok untuk estimasi didasarkan pada ukuran tubuh bijih. Dengan

ketebalan tubuh bijih centimetrik hingga desimetrik/metrik maka ukuran blok dibuat seminimal mungkin, yaitu berukuran 2,5 m x

2,5 m x 2,5 m dengan sub-blok 0,125 m x 0,125 m x 0,125 m (Gambar 12).



Gambar 12. Kenampakan blok model, ukuran blok dibuat seminimal mungkin, yaitu 2,5 m x 2,5 m x 2,5 m dengan sub-blok 0,125 m x 0,125 m x 0,125 m.

Nilai densitas batuan ditentukan berdasarkan hasil analisis laboratorium sampel bijih yang dijumpai di Sektor Lemajung, dengan pertimbangan bahwa kondisi geologi dan karakteristik bijih yang ada di Sektor Lemajung relatif sama dengan yang ada di sektor Lembah Hitam. Keduanya termasuk dalam seri atas (*upper series*) stratigrafi Cekungan Kalan. Hasil analisis densitas bijih yang ada di Sektor Lemajung menunjukkan densitas rata-ratanya sebesar 3,7 gr/cm³ [16], dan nilai ini digunakan sebagai salah satu parameter di dalam estimasi sumber daya.

Berdasarkan hasil analisis kemenerusan mineralisasi U yang ada di singkapan, yang kemenerusannya bisa mencapai 25 m, maka dengan melakukan radius pencarian (*searching radius*) sejauh 25 m dalam estimasi sumber daya, maka sumber daya ini dapat dikategorikan sebagai sumber daya terukur. Parameter-parameter tersebut dipakai

sebagai acuan dalam estimasi sumber daya. Estimasi sumber daya terukur terhadap 26 kelompok bidang mineralisasi (BM) yang ada di Sektor Lembah Hitam dapat diketahui bahwa jumlah tonase bijih dengan radius pencarian sejauh 25 m sebesar 655,65 ton dengan cut-off grade (COG) 0.01 % eU₃O₈ didapatkan bijih sebanyak 546,72 ton dengan rata-rata kadar 0,101 % eU₃O₈. Hasil estimasi sumber daya kategori terukur di Sektor Lembah Hitam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil estimasi sumber daya Sektor Lembah Hitam kategori terukur.

No	COG	Tonase (ton)	Volume (m ³)	Rerata Kadar (% eU ₃ O ₈)	Rerata Densitas (gr/cm ³)
1.	< 0,01	108,98	2944,14	0,000	3,7
2.	> 0,01	546,72	14776,22	0,101	3,7
3.	Total	655,65	17720,35	0,084	3,7

Dari Tabel 2 terlihat bahwa U hadir dengan rata-rata kadar eU₃O₈ kurang dari 1 %, maka tipe mineralisasi U pada Sektor Lembah

Hitam ini dapat dikategorikan sebagai tipe mineralisasi U berkadar rendah [17].

KESIMPULAN

Mineralisasi U di Sektor Lembah Hitam hadir sebagai isian fraktur (urat) atau kelompok urat dan sebagai isian matrik breksi tektonik, berasosiasi dengan mineral pirit, pirhotit, magnetit, molibdenit, turmalin, dan kuarsa dalam metabatulanau dan metapelit sekistosan.

Hasil estimasi kadar secara kuantitatif dengan menggunakan *log gross-count gamma ray* didapatkan rata-rata kadar mineralisasi U di sector Lembah Hitam berkisar antara 0,0076 – 0,95 % eU₃O₈. Tebal mineralisasi berkisar antara 0,1 – 4,5 m.

Penghitungan sumber daya terukur terhadap 26 kelompok bidang mineralisasi (BM) di Sektor Lembah Hitam menunjukkan bahwa jumlah tonase dengan radius pencarian sejauh 25 m adalah sebesar 655,65 ton. Dengan menggunakan *cut-off grade* (COG) 0.01 % eU₃O₈ maka didapatkan bijih sebanyak 546,72 ton dengan rata-rata kadar 0,101 % eU₃O₈.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Pangkerego, *Perhitungan Sumber daya Uranium di Remaja Hitam*, PPBGN- BATAN, tidak dipublikasikan, 1990.
- [2] P. R. Williams, C. R., Johnston, R. A., Almond, dan W. H. Simamora, "Late Cretaceous to Early Tertiary Structural Element of West Kalimantan", *Tectonophysics*, **148**, 279–297, 1988.
- [3] Amiruddin (GRDC) dan D. S. Trail (AGSO), *Peta Geologi Lembar Nangapinoh, Kalimantan*, P3G Departemen Energi dan Sumber daya Mineral, Bandung, 1993.
- [4] BATAN-CEA, "Prospect to Develop Uranium Deposits in Kalimantan", *Introduction General Reconnaissance*, Jakarta, tidak dipublikasikan, 1977.
- [5] P. E. Pieter dan P. Sanyoto, *Geological Data Record Nangataman and Pontianak 1 : 250.000 Quadrangles, West Kalimantan*, Geological Research and Development Centre, Indonesia in Cooperation with The Bureau of Mineral Resources, Australia, 1989.
- [6] P. E. Pieter dan S. Supriatna, *Peta Geologi Daerah Kalimantan Barat, Tengah, dan Timur*, P3G Departemen Energi dan Sumber daya Mineral bekerjasama dengan BMR Australia, 1990.
- [7] IAEA, "Borehole Logging for Uranium Exploration", *Technical Reports Series*, No.212, Vienna, 1982.
- [8] J. H. Scott, P. H. Dodd, R. F. Drouillard, dan P. J. Mudra, "Quantitative Interpretation of Gamma-Ray Logs", *Geophysics*, **26**, 182-191, 1961.
- [9] W. B. Belknap, J. T. Dewan, C. V. Kirkpatrick, W. E. Matt, A. J. Person, dan W. R. Robson, "API calibration Facility for Nuclear Logs", *American Petroleum Institute Proceedings*, 289-317, 1959.
- [10] A. G. Muhammad, "Identifikasi Dan Estimasi Kadar Mineralisasi "U" Secara Kuantitatif Berdasarkan Log Gross-Count Gamma Ray Di Sektor Lemajung, Kalimantan Barat", *Eksplorium*, PTBGN-BATAN, 2014.
- [11] A. Dosseto dan M. Schaller, "The erosion response to Quaternary climate change quantified using uranium isotopes and insitu-produced cosmogenic nuclides", *Earth Science*, 60 – 81, 2016.
- [12] R. A. Bowden dan R. P. Shaw, "The Kayelekera Uranium Deposit, Northern Malawi: Past Exploration Activities, Economic Geology and Decay Series Disequilibrium", *Applied Earth Science*, **2**, 55-67, 2007.
- [13] F. W. Wellmer, M. Dalheimer, dan M. Wagner, *Economic Evaluations in Exploration*, 2nd edition, Springer, Berlin, 21-39, 2008.
- [14] R. Mustika, S. Widodo, dan N. Jafar, "Estimasi Sumber daya Nikel Laterit dengan Metode Inverse Distance Weighting (IDW) pada PT. Vale Indonesia Tbk., Kecamatan Nuha, Sulawesi Selatan", *Jurnal Geomin*, **1**, 2015.
- [15] F. Zhou dan Z. Guan, "Uncertainty in estimation of coalbed methane resources by geological modeling", *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 1-14, 2016.
- [16] Suharji, "Re-Evaluasi Sumber daya Uranium di Sektor Semut, Kalan, Kalimantan Barat", *Prosiding Seminar Nasional Geologi Nuklir dan Sumber daya Tambang Tahun 2014*, PTBGN-BATAN, 2013.
- [17] B. Lehman, "Uranium Ore Deposits", *Advanced Mining Solutions*, **2**, 16-26, 2008.