

**GEOLOGI DAN POTENSI TERBENTUKNYA MINERALISASI URANIUM
DI DAERAH HARAU, SUMATERA BARAT***Ngadenin*

Pusat Pengembangan Geologi Nuklir
Jl. Lebak Bulus Raya No. 9 Pasar Jumat, Jakarta Selatan
Telp. 021-7691775, Fax. 021-7691977
E-mail: ngadenin@batan.go.id

Diterima: 3 April 2013

Direvisi: 16 September 2013

Disetujui: 29 Oktober 2013

ABSTRAK

GEOLOGI DAN POTENSI TERBENTUKNYA MINERALISASI URANIUM DI DAERAH HARAU, SUMATERA BARAT. Kajian ini dilatarbelakangi oleh tatanan geologi daerah Harau dan sekitarnya, Sumatera Barat yang diidentifikasi sebagai daerah *favourable* bagi akumulasi uranium yang ditunjukkan oleh terdapatnya anomali radioaktivitas pada kelompok batuan sedimen berumur Tersier yang diendapkan pada lingkungan darat dan terdapatnya anomali kadar uranium pada granit berumur Pra Tersier di beberapa tempat di Sumatera Barat serta terdapatnya anomali radioaktivitas pada kelompok batuan malihan yang berumur Pra Tersier. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui potensi terbentuknya mineralisasi uranium di daerah Harau yang akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan penelitian yang lebih detil dalam rangka inventarisasi potensi sumberdaya uranium di Indonesia. Ruang lingkup pembahasan dalam kajian ini meliputi bahasan geologi, radioaktivitas singkapan batuan dan geokimia. Susunan stratigrafi daerah kajian dari tua ke muda adalah satuan kuarsit, satuan filit, satuan konglomerat, satuan batupasir, satuan tuf dan aluvium sungai. Sesar utama yang berkembang pada daerah kajian adalah sesar normal yang berarah baratdaya – timurlaut, Sesar ini membelah daerah kajian menjadi dua bagian dimana bagian tenggara relatif turun terhadap bagian baratlaut. Berdasar tatanan geologi, data radioaktivitas dan kadar uranium batuan daerah Harau dianggap cukup potensial untuk terbentuk mineralisasi uranium tipe batupasir dan tipe urat. Mineralisasi uranium tipe batupasir diperkirakan terbentuk di batupasir Satuan Konglomerat Formasi Brani dan mineralisasi tipe urat diperkirakan terbentuk pada satuan Kuarsit Formasi Kuantan.

Kata kunci: geologi, mineralisasi uranium, Harau, Sumatera Barat

ABSTRACT

GEOLOGY AND POTENCY OF URANIUM MINERALIZATION OCCURENCES IN HARAU AREA, WEST SUMATERA. The Background of this study is due to the geological setting of Harau area and its surrounding, West Sumatera, that is identified as a favourable area for uranium accumulation which is indicated by the presence of anomalous radioactivity in the Tertiary sedimentary rocks deposited on the terrestrial environment and the presence of anomalous uranium contents in Pre-Tertiary granites in several places in West Sumatera, and the presence of radioactivity anomalous in the Pre Tertiary metamorphic rocks. The purpose of this study is to determine the potential formation of uranium mineralization in the Harau area, to be used as a basis to conduct more detailed research in order to inventory the potential of uranium resources in Indonesia. The scope of the discussion in this review includes a discussion of geology, geochemistry and radioactivity of the outcrops. The composition of regional stratigraphic from old to young is quartzite unit, phyllite unit, conglomerate unit, sandstone unit, tuff unit and alluvium river. The main fault that developed in the study area are normal faults trending southwest – northeast. The study area is splitted into two sections where the southeastern part relatives fall down of the northwest. Based on geological setting, radioactivity and uranium data then is assumed that Harau is a potential area for the formation of uranium mineralization in sandstone and its vein

type. Sandstone type is expected occur in sandstone conglomerate unit of The Brani Formation and vein type is expected occur in the quartzite unit of The Kuantan Formation.

Keywords: geology, mineralization uranium, Harau, West Sumatera

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kajian ini dilatar belakangi oleh tatanan geologi daerah Harau dan sekitarnya, Sumatera Barat yang diidentifikasi sebagai daerah *favourable* bagi akumulasi uranium yaitu ditunjukkan oleh terdapatnya anomali radioaktivitas pada batupasir dari satuan konglomerat Formasi Brani berumur Tersier yang diendapkan pada lingkungan pengendapan darat dan terdapatnya anomali kadar uranium pada beberapa granit berumur Pra Tersier di beberapa tempat di Sumatera Barat serta terdapatnya anomali radioaktivitas pada batuan malihan yang berumur Pra Tersier.

Teori Terbentuknya Mineralisasi Uranium Tipe Batupasir

Tiga faktor utama untuk pembentukan mineralisasi uranium tipe batupasir yaitu adanya sumber uranium, batuan induk yang mampu mentransmisi/mengangkut larutan kaya uranium dan presipitan^[1,2]. Sumber uranium umumnya berupa larutan hidrotermal/teletermal, larutan pembawa (*connate*), tuf yang terletak di dalam atau menutupi lapisan batuan induk, batuan granitik termasuk batuan arkosik dan felspatik dan ditutupi oleh serpih hitam^[3]. Batuan induk terutama adalah batupasir berukuran pasir sedang – kasar (lanau – konglomeratan), berlapis – lentikular, diendapkan dalam sistem kipas aluvial, cekungan *intermontane* atau lingkungan laut tepi benua.

Presipitan adalah agen yang mampu mereduksi uranium dari uranil ke uranous. Presipitan utama untuk uranium adalah material karbon atau pirit (FeS_2).

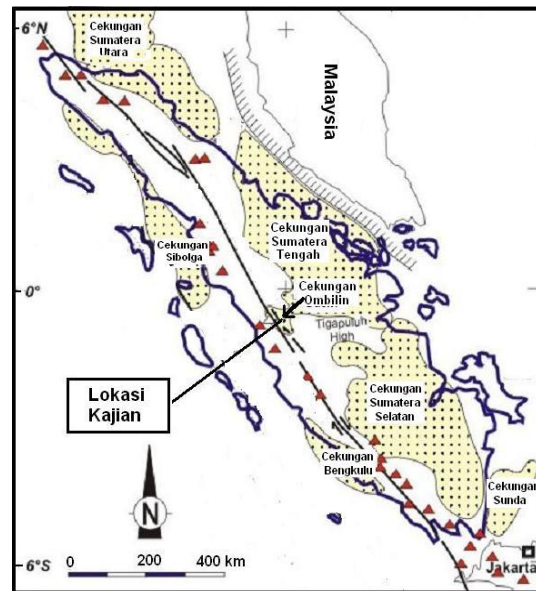
Cebakan uranium tipe batupasir terbentuk dalam batupasir berbutir sedang–kasar yang diendapkan dalam lingkungan fluvial atau sedimen laut tepi benua. Perlapisan serpih/batulumpur kedap dalam urutan sedimen sering terjadi tepat di atas dan di bawah mineralisasi uranium tipe batupasir. Uranium akan terendapkan dalam kondisi reduksi yang disebabkan oleh berbagai agen reduktor dalam batupasir termasuk: material karbon, sulfida (pirit, FeS_2), hidrokarbon (minyak bumi), dan selang seling vulkanik basa yang kaya mineral ferro-magnesian (misalnya klorit).

Tujuan

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui informasi geologi dan potensi terbentuknya mineralisasi uranium di daerah Harau yang selanjutnya data akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan penelitian yang lebih detil dalam rangka inventarisasi potensi sumberdaya uranium di Sumatera Barat terutama di Cekungan Ombilin.

Lokasi Daerah Kajian

Secara administratif daerah kajian terletak di Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Secara geologi terletak di bagian tepi dari Cekungan Ombilin (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi kajian.

Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan dalam kajian ini meliputi bahasan geologi, radioaktivitas singkapan batuan dan geokimia daerah Harau, Sumatera Barat.

GEOLOGI REGIONAL

Stratigrafi Regional

Secara regional stratigrafi Cekungan Ombilin dari yang berumur tua ke muda adalah Batuan dasar, Formasi Brani, Formasi Sangkarewang, Formasi Sawahlunto, Formasi Sawahtambang, Formasi Ombilin, Formasi Ranau dan Aluvial^[4](Tabel 1).

Batuan Dasar

Batuan dasar Cekungan Ombilin tersusun oleh batuan yang berumur Trias–Kapur yang terdiri atas Formasi Kuantan (marmer, sabak dan kuarsit) dan Formasi Tuhur (batugamping dan filit) serta batuan granitik.

Formasi Brani

Formasi Brani terdiri atas konglomerat dengan sisipan batupasir, berwarna abu-abu sampai keungu-unguan, pemilahannya jelek. Diendapkan pada sistem kipas aluvial. Formasi Brani berumur Eosen dan menjemari dengan Formasi Sangkarewang

Formasi Sangkarewang

Formasi Sangkarewang terdiri atas serpih yang berselang seling dengan batulanau dan batupasir berbutir halus sampai kasar. Serpih berwarna abu-abu tua kehitam-hitaman sampai kecoklat-coklatan, karbonan, kadang-kadang dijumpai sisipan tipis atau pita-pita batubara. Batulanau berwarna abu-abu sampai abu-abu tua, keras. Batupasir berwarna abu-abu muda, berbutir halus sampai kasar, kadang-kadang konglomeratan sampai breksian, komponennya terdiri atas kuarsa dan feldspar, sub angular sampai sub rounded, di beberapa tempat membentuk *graded bedding*, struktur sedimen yang terlihat adalah *parallel lamination*,

cross bedding, covolute, dan load cast. Formasi Sangkarewang berumur Eosen dan diendapkan pada lingkungan danau dalam kondisi euksinik

Formasi Sawahlunto

Formasi Sawahlunto terdiri atas batupasir, batulanau, batulempung dan batubara, kebanyakan terbentuk di bagian timur laut dari cekungan. Batupasir secara lokal kasar sampai sangat kasar, dan terjadi terutama sebagai *channel fills* dibentuk oleh migrasi *point bar*. Batubara dalam formasi ini ditambang di Sawahlunto. Berdasarkan keberadaan batulanau karbonan, batubara dan batupasir *point bar*, Formasi Sawahlunto diperkirakan diendapkan pada cekungan banjir dan sungai teranyam. Formasi ini berumur Oligosen Awal.

Formasi Sawahtambang

Formasi Sawahtambang terdiri atas batupasir konglomeratan, batulanau dan batulempung. Formasi ini berumur Oligosen Akhir dan diendapkan pada lingkungan fluvial dengan sistem pengendapan sungai teranyam.



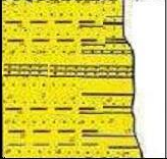



Formasi Ombilin

Formasi Ombilin terdiri atas batulempung gampingan dan napal dengan sisipan batupasir gampingan. Napal berwarna abu-abu kehijauan. Formasi ini berumur Miosen Awal-Tengah dan diendapkan pada lingkungan laut.

Formasi Ranau

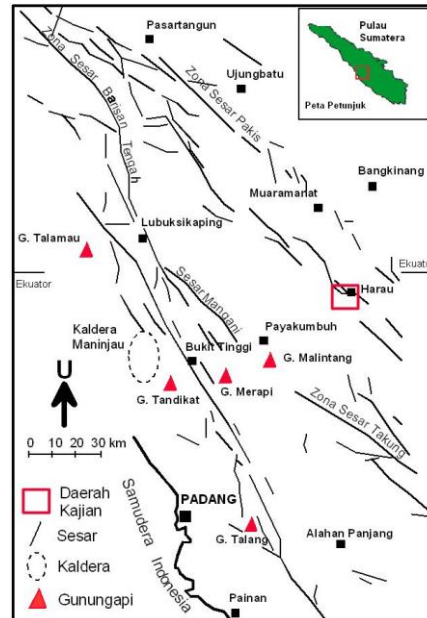
Formasi Ranau terdiri atas tuf batuapung, segar berwarna putih, lapuk berwarna putih kekuningan. Formasi ini berumur Plistosen.

Tabel 1. Stratigrafi Cekungan Ombilin^[4]

Umur	Formasi	Simbol Litologi	Pemerian		Lingkungan Pengendapan
Plistosen	Ranau		Tuf Batuapung		-
Miosen Awal	Ombilin		Batulempung gampingan, napal dengan sisipan batupasir gampingan		Laut dangkal
Oligosen	Sawahtambang		Batupasir konglomeratan, batulanau dan batulempung		Darat (sungai teranyam)
	Sawahlunto		Batupasir, batulanau, batulempung dan batubara		Darat (sungai teranyam)
Eosen	Sangkarewang Brani		Serpih selang seling dengan batulanau dan batulempung	Konglomerat dengan sisipan batupasir	Danau Kipas aluvial
KAPUR YURAS TRIAS	Granit Tuhur Kuantan		Pluton granit Tuhur : Filit dan batugamping Kuantan : Marmer, sabak dan kuarsit		-

Struktur Geologi Regional

Struktur sesar yang berkembang di daerah ini didominasi oleh sistem Sesar Sumatera, berarah Barat Laut–Tenggara membentang dari Aceh hingga Lampung sejajar dengan arah Pulau Sumatera. Beberapa sesar di sekitar Cekungan Ombilin adalah Sesar Takung, Sesar Mangani, Sesar Barisan Tengah, Sesar Kapur, dan Sesar Pakis (Gambar 2).



Gambar 2. Peta struktur geologi Cekungan Ombilin dan sekitarnya.

GEOLOGI DAERAH KAJIAN

Stratigrafi

Susunan stratigrafi daerah Harau dan sekitarnya dari batuan yang berumur tua ke yang lebih muda dibagi menjadi 4 satuan batuan^[5,6] yaitu:

Satuan Kuarsit

Satuan Kuarsit terdiri atas kuarsit dan batupasir kuarsa. Kuarsit berwarna abu-abu kecoklatan, kompak, komposisi mineral terdiri atas kuarsa sedikit biotit dan amfibol. Batupasir kuarsa berwarna abu-abu kehijauan, ukuran butir halus-sedang, komposisi mineral terdiri atas kuarsa, *feldspar*, serisit dan sedikit mineral bijih. Setempat mengandung urat-urat kuarsa, pirit dan sisipan batulanau kelabu tua, gres yang terubah dan batuan gunungapi. Satuan batuan ini secara regional sebanding dengan Formasi Kuantan berumur Permo-Karbon.

Satuan Filit

Satuan Filit terdiri atas filit dan serpih. Filit berwarna coklat kehitaman, lepidoblastik, komposisi mineral terdiri atas kuarsa, *feldspar*, biotit dan serisit. Serpih berwarna abu-abu kehijauan, tersusun oleh mineral lempung. Secara regional satuan batuan ini sebanding dengan Formasi Tuhur berumur Permo-Karbon.

Satuan Konglomerat

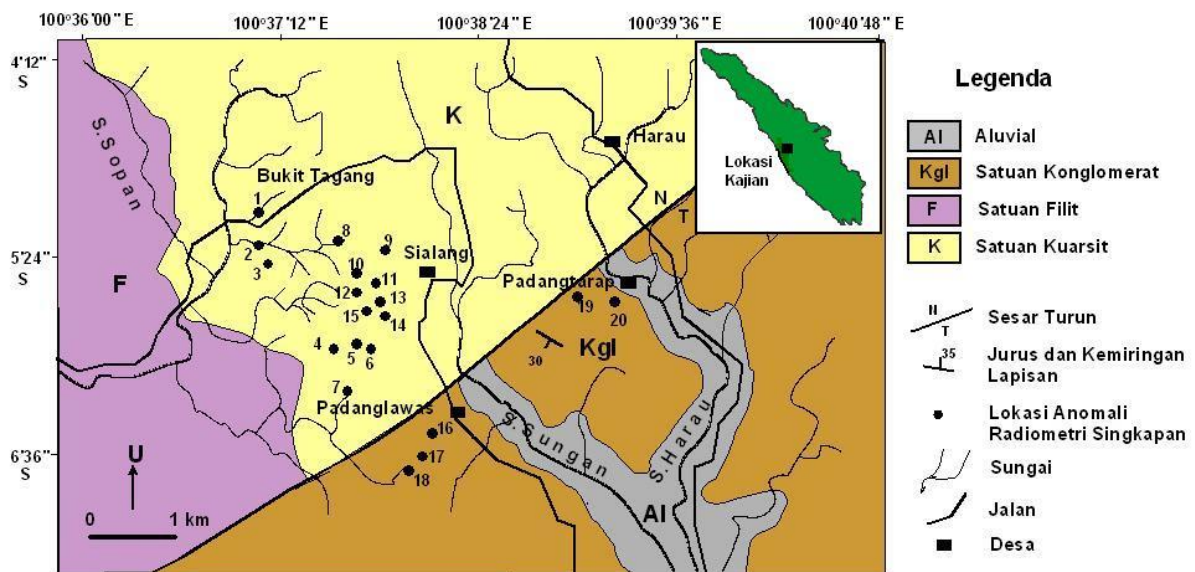
Satuan Konglomerat tersusun oleh konglomerat dengan sisipan batupasir. Konglomerat berwarna coklat kemerahan, fragmen berukuran kerakal – bongkah terdiri atas kuarsit, granit, filit, dan kuarsa, matrik batupasir dengan semen silika. Batupasir berwarna abu-abu hingga abu-abu kehitaman, ukuran butir pasir sedang – kasar, komposisi mineral terdiri atas kuarsa, *feldspar*, biotit, kadang terdapat material karbon sisa tumbuhan. Secara regional satuan batuan ini sebanding dengan Formasi Brani berumur Eosen.

Aluvial

Endapan aluvial terdiri atas material yang berukuran lempung, lanau, pasir dan kerikil, setempat terdapat sisa-sisa tuf batuapung, bongkah batuan beku, dan kuarsit. Satuan batuan ini berumur Holosen.

Struktur Geologi

Sesar utama yang berkembang pada daerah kajian adalah sesar normal yang berarah barat daya–timur laut. Sesar ini merupakan batas tepi barat laut sub Cekungan Payakumbuh dari Cekungan Ombilin.



Gambar 2. Peta geologi dan lokasi anomali radioaktivitas batuan daerah Harau, Sumatera Barat^[5,6].

Radioaktivitas dan Kadar Uranium Batuan

Anomali radioaktivitas batuan hasil pengukuran dan hasil analisis kadar uranium batuan^[5] tertera dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Tabel anomali radioaktivitas dan kadar uranium batuan

No.	Radioaktivitas (c/s) SPP 2NF	Litologi	Kontrol Anomali	Kadar Uranium (ppm)
1	3000	Kuarsit	-	-
2	1000	Kuarsit	Kekar N 200° E	-
3	2000–12500	Kuarsit	Kekar N 200° E dan N340° E	321
4	2500	Kuarsit	Kekar N 260° E	-
5	12500	Kuarsit	Kekar N 280° E	-
6	1000	Kuarsit	-	-
7	6500	Kuarsit	-	-
8	8500	Kuarsit	Kekar N 200° E dan N260° E	-
9	2500–2800	Kuarsit	Kekar N 300° E/65	105
10	2000–3500	Kuarsit	-	-
11	6000	Kuarsit	Kekar N 100° E dan N260° E	-
12	> 15000	Kuarsit	Kekar N 200° E dan N260° E	102–450
13	2000	Kuarsit	-	28–34,2
14	1000–2500	Kuarsit	Kekar N 100° E dan N260° E	-
15	2000–3500	Kuarsit	-	-
16	1600	Batupasir	Batupasir karbonan	-
17	3500	Konglomerat	-	-
18	1200	Batupasir	Batupasir karbonan	-
19	3200	Konglomerat	-	-
20	2500	Batupasir	Batupasir karbonan	-

PEMBAHASAN

Berdasarkan data geologi, radioaktivitas dan kadar uranium batuan maka daerah kajian dianggap cukup potensial dapat terbentuk mineralisasi uranium tipe batupasir dan mineralisasi uranium tipe urat.

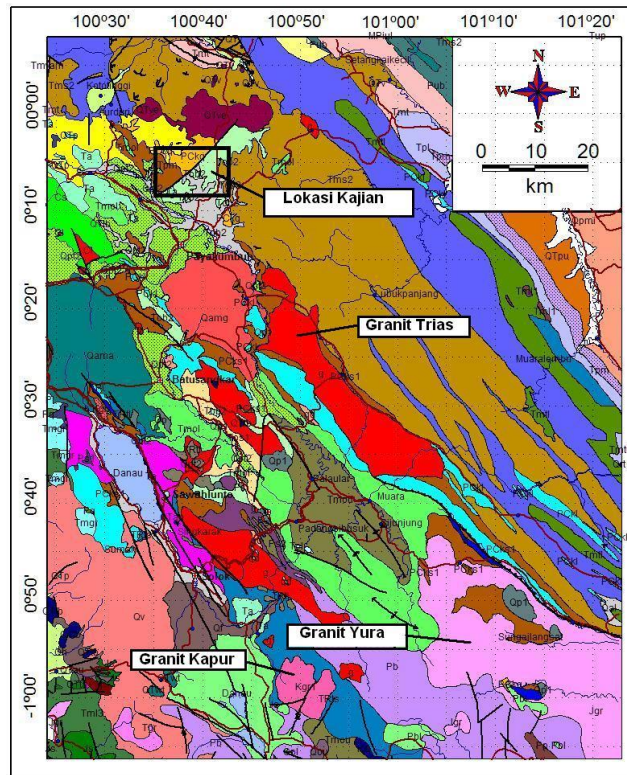
Indikasi terbentuknya mineralisasi uranium tipe batupasir diperlihatkan oleh terdapatnya batupasir kasar Formasi Brani yang diendapkan di lingkungan darat sebagai endapan kipas aluvial yang dapat berperan sebagai batuan induk, terdapatnya terobosan-terobosan granit yang berumur Kapur – Trias di sekitar Cekungan Ombilin yang dapat berperan sebagai sumber uranium dan dijumpainya material karbon dan pirit pada batupasir Formasi Brani yang dapat berperan sebagai presipitan.

Formasi Brani terdiri atas konglomerat dengan sisipan batupasir kasar diendapkan dengan sistem kipas aluvial di lingkungan fluvial terbentuk pada saat awal pembentukan Cekungan Ombilin yaitu pada Tersier Awal^[4,7]. Selain itu, berdasarkan data bawah permukaan yang komprehensif memang terbukti bahwa Cekungan Ombilin merupakan cekungan *intermontane* yang terbentuk selama Tersier^[8,9]. Cekungan *intermontane* merupakan cekungan darat sehingga sangat potensial untuk pengendapan uranium.

Berdasarkan data terdapatnya batupasir kasar Formasi Brani yang diendapkan pada lingkungan fluvial atau diendapkan pada cekungan *intermontane* maka syarat sebagai batuan induk telah terpenuhi.

Sumber uranium diindikasikan oleh adanya anomali kadar uranium pada beberapa terobosan granit yang tersingkap di beberapa tempat di Sumatera Barat seperti granit Sopan yang berumur Kapur mempunyai kadar uranium 91 ppm dan Granit Sumpur yang berumur Trias mempunyai kadar uranium 15,8 ppm^[10] (Gambar 3). Kadar standar (normal) uranium dalam granit yaitu 4 ppm^[11].

Presipitan berupa material karbon, terdapat di dalam batupasir kasar Formasi Brani dan ditunjukkan pada lokasi pengamatan singkapan nomor 16, 18, dan 20.



Gambar 3. Penyebaran granit di Sumatera Barat^[6].

Data radioaktivitas batuan pada satuan konglomerat memperlihatkan terdapat 5 lokasi anomali yaitu lokasi pengamatan nomer 16,17,18,19, dan 20 dengan nilai radioaktivitas berturut-turut adalah 1600 c/s, 3500 c/s, 1200 c/s, 3200 c/s, dan 2500 c/s SPP2NF. Tiga diantara anomali tersebut terdapat pada batupasir karbonan yaitu pada lokasi pengamatan nomer 16, 18, dan 20. Data anomali radioaktivitas pada batupasir karbonan merupakan indikasi yang sangat kuat untuk terbentuknya mineralisasi uranium tipe batupasir di daerah Harau seperti yang terdapat di Sibolga, Sumatera Utara^[12,13,14].

Permasalahannya adalah bahwa di daerah kajian belum dilakukan analisis mineragrafi sehingga belum diketahui jenis mineral uranium yang terdapat dalam batuan, secara teoritis mineral uranium primer pada mineralisasi uranium tipe batupasir pada umumnya adalah uraninit atau koffinit^[1,15].

Indikasi mineralisasi uranium tipe urat ditunjukkan oleh adanya anomali radioaktivitas batuan pada Satuan Kuarsit yang berkisar dari 1000–15000 c/s SPP2NF (lokasi pengamatan nomer 2,3,4,5,8,9,11,12,14). Selain anomali radioaktivitas, indikasi mineralisasi uranium tipe urat juga ditunjukkan oleh kadar uranium Satuan Kuarsit yang mencapai 450 ppm pada lokasi pengamatan nomer 12. Pada umumnya kadar uranium normal dalam kuarsit adalah 3,5 ppm^[11], sehingga kadar 450 ppm pada kuarsit merupakan indikator yang sangat kuat terdapatnya mineralisasi uranium.

Nilai radioaktivitas 1000–15000 c/s pada batuan malihan di beberapa tempat di Indonesia menunjukkan adanya mineralisasi uranium tipe urat pada kuarsit seperti yang terdapat di daerah Mentawa, Kalimantan Tengah^[16], daerah Onsom – Kayuara, Kalimantan Barat^[17], daerah Kelawai, Kalimantan Barat^[18], dan daerah Lemajung, Cekungan Kalan, Kalimantan Barat^[19].

Analisis mineragrafi belum dilakukan di daerah kajian sehingga belum diketahui jenis mineral uranium yang terdapat dalam batuan, secara teoritis mineral uranium primer pada mineralisasi uranium tipe urat pada batuan malihan adalah *pitchblende*^[20,21,22].

KESIMPULAN

Berdasar tatanan geologi dan data radioaktivitas serta kadar U batuan di daerah Harau menunjukkan bahwa pada daerah tersebut cukup potensial terbentuk mineralisasi uranium tipe batupasir dan tipe urat. Mineralisasi uranium tipe batupasir potensial terbentuk di batupasir pada Satuan Konglomerat Formasi Brani dan mineralisasi tipe urat potensial terbentuk pada Satuan Kuarsit Formasi Kuantan.

SARAN

Guna mengetahui karakteristik geologi, tektonik, stratigrafi dan tipe mineralisasi uranium di daerah kajian secara lebih terinci maka disarankan untuk melakukan studi mikro tektonik pada daerah yang terdapat anomali radioaktivitas pada batuan malihan dan studi lingkungan pengendapan di Formasi Brani terutama pada lokasi yang terdapat anomali radioaktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

1. DAVID E. MICLE and GEOFFREY W. MATHEWS, "Geologic Characteristics of Environment Favorable for Uranium Deposits", US Departement of Energy, 1978.
2. IAN HORE LACY, "Geology Uranium Deposits" World Nuclear Association, 2009
3. DANIEL R. SHAW, "Sedimentary Rock Alteration in the Slick Rock District San Miquel and Dolores Counties, Colorado" USA Geo Survey, 1976
4. KOESOEMADINATA, R.P dan MATASAK, "Stratigraphy and Sedimentation of Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province)", Proceed. Indonesia Petroleum Ass, Tenth Annual Convention, Jakarta, 1981
5. HUKOM, R.Z., SYAMSUL H., SUBARDJO, "Prospeksi Radiometri Daerah Harau, Suliki Dan Sekitarnya, Sumatera Barat", Laporan Internal Direktorat Survei Geologi – Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta, 1975
6. SILITONGA, P.H. dan KASTOWO, "Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera Barat", Puslitbang Geologi, Bandung, 1995
7. SULISTYA HASTUTI, SUKANDARRUMIDI, SUBAGYO PRAMUMIJOYO, "Kendali Tektonik Terhadap Perkembangan Cekungan Ekonomik Tersier Ombilin, Sumatera Barat", Teknosains 14(1) 2001
8. KONING, T., "Petroleum Geology of the Ombilin Intermontane Basin, West Sumatra", *Indonesian Petroleum Association Volume, Jakarta 1985 De Smet, M.E.M., 1991, "The Geology of the Ombilin Basin". University of London Geological Research in Southeast Asia, Report No. 99.*
9. DE SMET, M.E.M., "The Geology of the Ombilin Basin". University of London Geological Research in Southeast Asia, Report No. 99., London, 1991,

10. Joint Indonesian German Uranium Exploration Project, Final Report on Prospecting Activities in 1977/1978, Hannover, April, 1979
11. BOYLE, R. W., "Geochemical Prospecting for Thorium and Uranium Deposits", Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1982.
12. KOESOEMADINATA R.P. dan SAPARDI , "Uranium Deposits in Tertiary Sediments Sibolga Area, North Sumatra" Technical Committee Meeting on Uranium Deposits in Asia and the Pacific, Geological and Exploration, IAEA – BATAN, Jakarta, 1985
13. RUFFIN and RACKLEY., "Environment of Wyoming Tertiary Uranium Deposits" The American Association of Petroleum Geologists Bulletin V 56, No. 4, Casper, Wyoming, Canada, 1972.
14. ADEN D. MCKAY & YANIS MIEZITIS, "Australia's Uranium Resources, Geology And Development Of Deposits", Geoscience Australia Mineral Resource Report 1, Canberra, 2001.
15. IAEA., "World Distribution of Uranium Deposits with Uranium Deposit Classification", IAEA – TECDOC-1629, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2009
16. NGADENIN, SUDJIMAN, SUWARDI, BOMAN., "Inventarisasi Sektor Potensial U Daerah Mentawai Barat, Kalimantan Tengah, Tahapan Prospeksi Sistematis" Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir IV, Jakarta, 1998,
17. BAMBANG SUTOPO, "Geologi dan Pemineralan Uranium Sektor Onsom – Kayuara, Kalimantan Barat", Prosiding Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang Tahun 2006, Pusat Pengembangan Geologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 2005
18. KURNIA S.W., LILIK S., MANTO W., "Studi Geologi dan Mineralisasi Uranium Daerah Kelawai dan sekitarnya", Buletin Eksplorium No. 142/XXV/2006, Pusat Pengembangan Geologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 2006.
19. NGADENIN, "Keberadaan Mineralisasi Uranium di Sektor Lemajung Cekungan Kalan, Kalimantan Barat", Prosiding Seminar Sumberdaya Alam dan Iptek Nuklir di Indonesia", Pusat Pengembangan Geologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 1997.
20. ROBERT A. RICH, HEINRICH D. HOLLAND and ULRICH PETERSEN., "Vein Type Uranium Deposits", Harvard University Department of Geological Sciences, Cambridge, Massachusetts, 1975
21. IAEA., "Vein Type Uranium Deposits", Iaea-Tecd-361, Vienna, Austria, 1986
22. RUZICKA V. , "Vein Uranium Deposits", Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1998.