



Pentarikan Jejak Belah Zirkon dan Implikasinya Terhadap Genesa Batuan Granitik Di Daerah Kayutanam, Padang Panjang, Sumatera Barat

Zircon Fission Track Dating and Its Implication to Granitic Rocks Genesis in Kayutanam Area, Padang Panjang, West Sumatera

Sam Permanadewi

Pusat Survei Geologi
 Jalan. Diponegoro no. 57 Bandung

email : sam_permanadewi@yahoo.com

Naskah diterima : 30 Januari 2018, Revisi terakhir : 17 Mei 2018, Disetujui : 22 Juni 2018, Online : 25 Juni 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.19.2.99-105>

Abstrak - Singkapan batuan granit di Daerah Kayutanam Padang Panjang, Sumatera Barat diketahui berumur Neogen. Metoda pentarikan umur Jejak Belah dapat menentukan umur absolut batuan granit di daerah ini dan bisa menggambarkan periode terobosannya. Hasil analisis jejak belah batuan granitik ini memperlihatkan rentang umur dari $5,1 \pm 0,5$ juta tahun sampai $19,9 \pm 1,5$ juta tahun. Selanjutnya berdasarkan hasil analisis tersebut ditambah dengan analisis petrografi dan lokasi batuan granitik menunjukkan telah terjadi tiga kali periode terobosan. Periode terobosan pertama berlangsung pada Miosen Awal bagian Atas ($19,9$ juta tahun). Terobosan periode kedua yaitu pada Miosen Tengah bagian Bawah-bagian Atas ($15,0-11,2$ juta tahun) dan terobosan granitik yang terakhir yaitu pada umur Miosen Akhir bagian Bawah- Pliosen Awal ($10,8- 5,1$ juta tahun)..

Kata kunci : Pentarikan jejak belah, petrografi, batuan granitik, Sumatera Barat, Miosen.

Abstract - The outcrop of granitic rocks at Kayutanam area, Padang Panjang, West Sumatera is known occurred during Neogene. The fission track dating method can determine the absolute age of the granitic rock in this area and the intrusive period. Fission track analysis results the age of these granitic rocks is generated from 5.1 ± 0.5 to 19.9 ± 1.5 mys. Considering these dating result comprehend with petrographic analysis and the location of the granitic rocks it is suggested that the granitic intrusion occurred in three periods. The first granitic intrusion period took place in the Upper part of Early Miocene (19.9 mys). The second granitic intrusion period occurred during the Lower - Upper part of Middle Miocene ($15.0-11.2$ mys). While the latest granitic intrusion is determined generated on the Lower part of Late Miocene-Early Pliocene ($10.8-5.1$ mys).

Keyword : Fission track dating, petrography, granitic rocks, West Sumatera, Miocene.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Padang, skala 1 : 250.000 (Kastowo dr., 1996) dan terletak diantara $100^{\circ} 14' - 100^{\circ} 29' BT$ dan $0^{\circ} 28' - 0^{\circ} 44' LS$ (Gambar 1). Secara geologi, wilayah ini adalah bagian dari orogen Sumatera yang kompleks, yang dikenal sebagai Pegunungan Bukit Barisan.

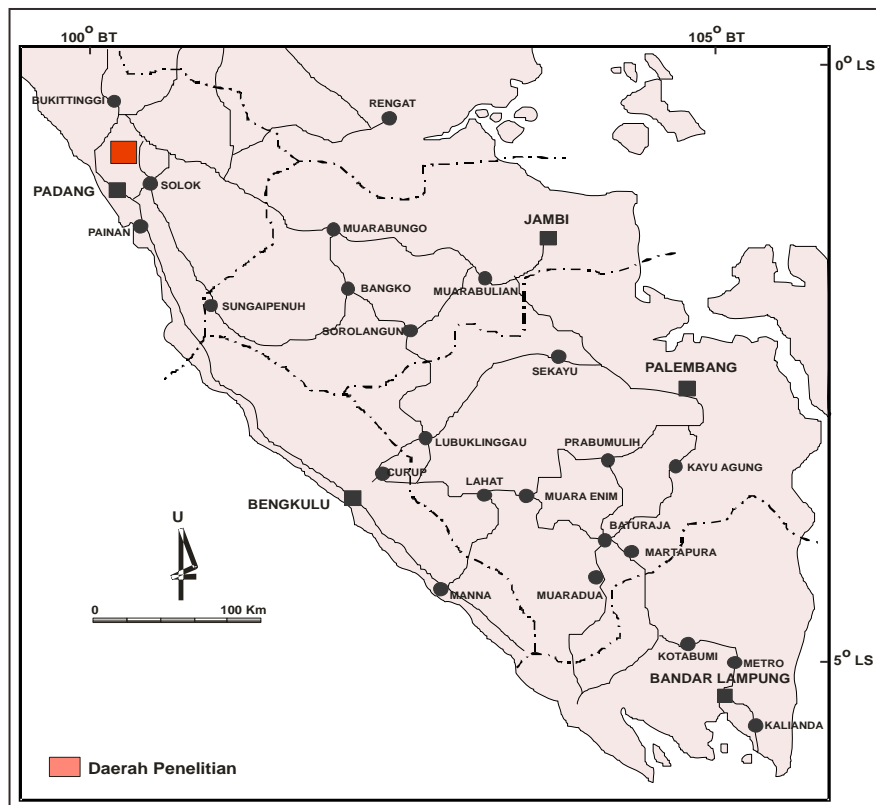
Pembentukan pegunungan ini ditandai dengan kegempaan yang tinggi pada Neogen Akhir dan berasal dari Kraton Dataran Sunda di tepi tenggara Lempeng benua Eurasia. Orogenesa Neogen Akhir terjadi sebagai respon terhadap konvergensi miring antara Lempeng Indo-Australia di selatan dan Lempeng Eurasia di sebelah utara.

Batuan granitik di propinsi Sumatera Barat cukup banyak tersingkap di daerah Kayutanam dan sekitarnya. Batuan tersebut tersebar di beberapa tempat yang berbeda. Menurut Kastowo dr. (1996), batuan yang diperkirakan berumur Tersier (Miosen) ini berbentuk *stock* yang berkomposisi granitik sampai dioritik kuarsa dan menerobos batugamping dan batuan malihan berumur Perem. Penentuan umur mutlak dengan metoda Jejak Belah terhadap batuan granitik di daerah Sumatera Barat sudah pernah dilakukan oleh Sudjana,

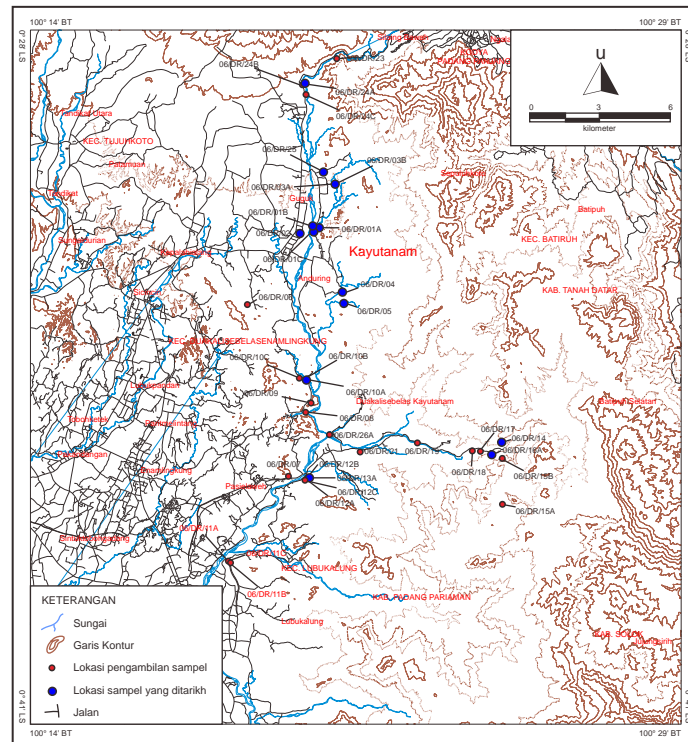
dr. (2001), namun tidak menyebutkan lokasi sampel yang di tarikh. Untuk memastikan umur batuan granitik yang selanjutnya berimplikasi terhadap genesa batuan tersebut, khususnya di daerah Kayutanam, Pusat Survei Geologi melaksanakan penelitian terhadap 13 (tiga belas) sampel batuan dengan metoda jejak belah. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

GEOLOGI DAERAH KAYUTANAM

Geologi regional daerah ini telah dipelajari antara lain oleh Bemmelen (1941), Katili (1969), Silitonga dr. (1975), Rosidi dr. (1976), Crow dr. (1993), dan Kastowo dr. (1996). Secara umum arah struktur di daerah ini adalah baratlaut-tenggara. Pada batuan pra-Tersier, selain arah tersebut terdapat arah timurlaut-baratdaya dan utara-selatan. Perlipatan pada batuan Tersier mempunyai kemiringan pada umumnya tidak lebih dari 20° . Sedangkan pada batuan pra-Tersier mempunyai kemiringan lebih curam. Sesar utama di daerah ini adalah bagian dari Sesar Sumatera yang berarah baratlaut-tenggara dan berupa sesar geser menganan yang berkaitan dengan pembentukan lajur gunung berapi. Selain itu terdapat pula sesar yang berarah timurlaut-baratdaya dan utara-selatan.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian di sekitar Kayutanam, Kabupaten Padang Panjang, Propinsi Sumatera Barat.



Gambar 2. Peta pengamatan dan pengambilan sampel batuan Daerah Kayutanam dan Sekitarnya, Padang Panjang, Provinsi Sumatera Barat.

Tektonik pertama yang terjadi di daerah ini berlangsung pada Perem Akhir berdasarkan data dari Lembar Solok yang ditandai oleh penerobosan granit di Ombilin yang diikuti oleh pengangkatan. Endapan sedimen yang terangkat adalah sedimen laut dangkal yang berumur Karbon hingga Perem Tengah dan batuan gunungapi Perem. Pada Mesozoikum terjadi lagi sedimentasi laut dangkal dan diikuti oleh pengangkatan, penerobosan, pemalihan dan pensesaran di jaman Kapur dengan disertai terangkatnya batuan ofiolit. Tektonik zaman Tersier diawali dengan kegiatan magmatik, kemudian pengendapan di daratan sampai laut dangkal, dan pada zaman Kuartar dikuasai oleh kegiatan-kegiatan gunungapi.

Stratigrafi daerah Kayutanam dan sekitarnya merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Padang (Kastowo dr., 1996; Gambar 3). Urutan stratigrafi mulai dari batuan tertua hingga batuan yang berumur muda adalah sebagai berikut :

1. Batuan Malihan: batuan tertua yang tersingkap di daerah ini terdiri atas Anggota Kuarsit (Pq), Batuan Malihan Perem (Ps) yang tersusun oleh filit, batusabak, *hornfels*, greswack mika, dan Batugamping Perem (Pl) yang mengandung sisipan tipis batusabak, filit, serpih, terkersikan dan kuarsit. Daerah ini umumnya membentuk topografi kasar berpunggung tajam. Batugamping Danau Singkarak mengandung *Neoschwagerina* aff. *N.straticulifera* (SCHAWAGER), *Verbeekina* sp., *Chusenella* sp. dan foraminifera kecil *Lunucammina* sp. dan *Climacammina* sp., yang menunjukkan umur Perem Tengah bagian atas.
2. Batuan Gunungapi: Urutan paling tua yaitu Tuf kristal (QTt) yang telah mengeras, Tuf (Qtu), Andesit Gunung Singgalang dan Gunung Tandikat (Qast), Andesit Gunung Marapi (Qama), Tuf Batuapung dan Andesit (Basal) (Qpt), dan Tuf Batuapung Horenblenda Hipersten (Qhpt). Tuf batuapung (Qpt) umumnya terdiri atas serabut-serabut gelas, 5-80% fragmen-fragmen batuapung putih, berukuran garis tengah 1-20 cm, agak kompak. Endapan tuf ini kemungkinan berasal dari erupsi terakhir kaldera Maninjau atau erupsi celah yang berhubungan dengan Jalur Sesar Besar Sumatera (Westerveld, 1953). Secara stratigrafi, dari data lapangan memperlihatkan Qhpt lebih muda / berada di atas Qpt.
3. Endapan Permukaan: berupa Aluvium (Qal) yang terdiri dari lanau, pasir, dan kerikil yang umumnya terdapat di dataran pantai, termasuk endapan rawa di sebelah utara Tiku dan di sebelah baratdaya Lubukalung dan di sebelah timur Padang.

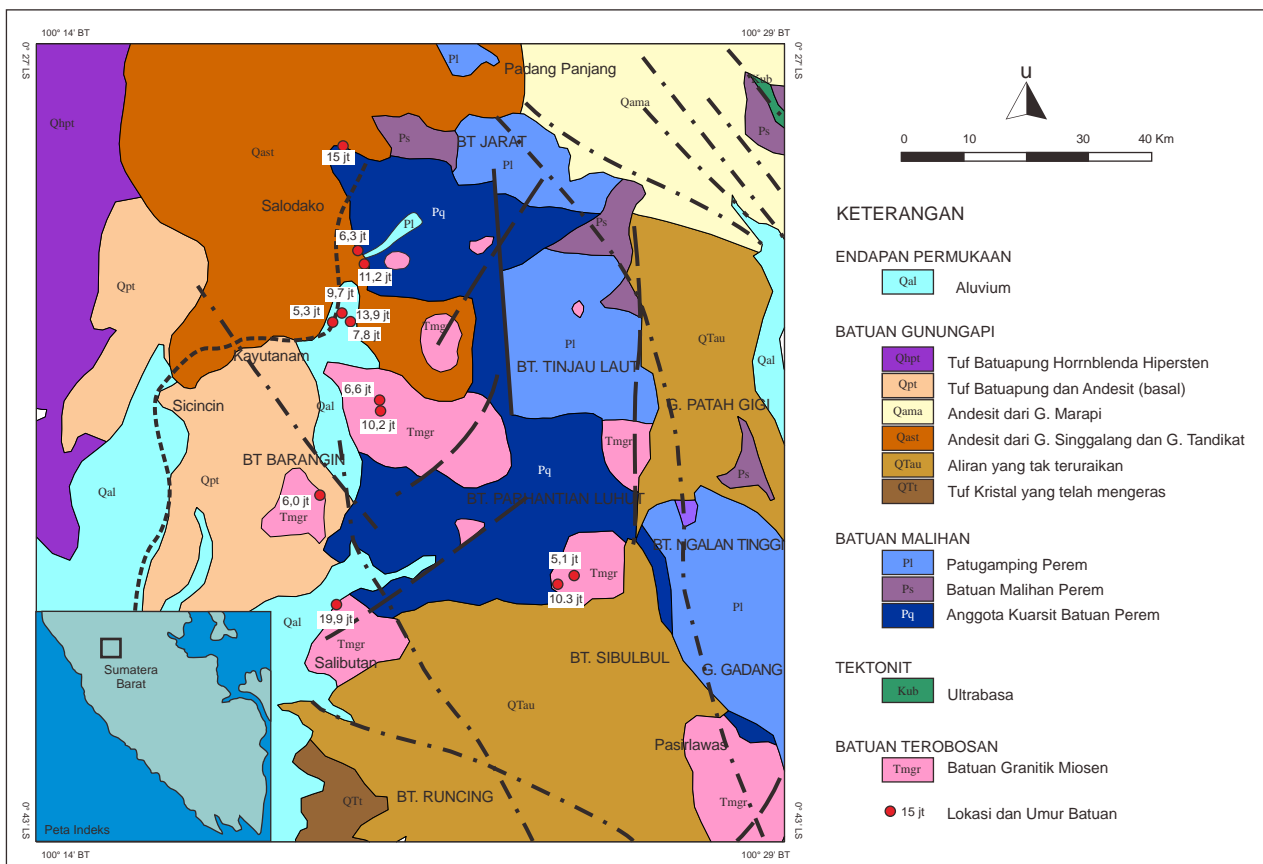
4. Batuan Terobosan: terdiri dari Batuan Granitik Miosen (Tmgr), berupa *stock* berkomposisi antara granit dan diorit kuarsa. *Stock* granitik ini sementara ditentukan berumur Tersier.
5. Tektonit: berupa batuan Ultra Basa terdiri dari serpentin dan diabas sampai basal. Serpentinisasi berhubungan dengan aktifitas sesar, sedangkan diabas – basal merupakan hasil dari retas lempeng. Secara tektonik diduga berumur Kapur.

PROSEDUR ANALISIS DAN METODA

Pentarikan Jejak Belah (*Fission Track dating*) adalah suatu metoda pentarikan radiometrik berdasarkan pengukuran jejak-jejak yang terjadi akibat peluruhan unsur-unsur radioaktif oleh sinar alfa. Jejak-jejak yang terbentuk di alam merupakan dasar dari analisis Pentarikan Jejak Belah untuk menentukan umur absolut suatu mineral tempat jejak tersebut terbentuk (Sudjana, 2001). Sebagai mineral penentu umur dipilih zirkon karena mineral ini ada dimana-mana di dalam lapisan kerak bumi. Di dalam batuan beku mineral zirkon

dijumpai sebagai produk kristalisasi magma. Zirkon merupakan salah satu fasa pertama yang mengkristal dari pembekuan magma, mempunyai kestabilan yang sangat tinggi terhadap larutan hidrotermal biasa dan kristal yang terbentuk tidak mengalami perubahan yang signifikan selama proses pembekuan, memiliki kemampuan bertahan terhadap proses yang terjadi seperti erosi, dan mempunyai kandungan Uranium yang tinggi (Carpena, 1992; Xiaoning, drr., 2014; Bermudez, drr., 2015; Piedrahita, drr., 2017).

Preparasi untuk memisahkan zirkon dari batuan dilakukan dengan menggunakan cara Tagami drr. (1988). Untuk memisahkan mineral-mineral yang terdapat dalam batuan ini digunakan alat penggerus *jaw crusher* dan *mill ball crusher*, kemudian diayak hingga berukuran (-60+200) *mesh*. Selanjutnya dengan menggunakan cairan berat *bromoforn* dan *Frant isodynamic separator*, zirkon dipisahkan dari mineral-mineral lainnya. Pemilihan kristal dilakukan untuk memperoleh bidang kristal yang baik, bebas inklusi dan retakan. Selanjutnya dilakukan pengikatan kristal pada lembaran teflon untuk memudahkan pemolesan.



Sumber : Kastowo, drr., (1996)

Gambar 3. Peta Geologi Daerah Kayutanam, Kabupaten Padang Panjang bagian dari Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera, Skala 1 : 250.000 dan lokasi sampel pentarikan

Apabila teflon yang menutupi bidang kristal sudah hilang terpolos sehingga permukaannya muncul maka pemolesan dihentikan, kemudian proses selanjutnya adalah pengetsaan.

Metoda yang digunakan untuk menghitung umur adalah metoda EDM (*External Detector Method*) yaitu jejak spontan (Ns) dihitung pada kristal sedangkan jejak induksi (Ni) dihitung pada detektor mika (Galbraith, 1981). Jejak spontan (Ns) diperoleh dengan cara meng-etsa zirkon di dalam larutan KOH-NaOH pada temperatur 225°C selama 20-23 jam, sedangkan jejak induksi (Ni) diperoleh dengan cara meng-etsa detektor mika di dalam cairan *Hydrofluoric acid* (HF) selama 20 menit pada temperatur 23°C. Kedua jenis jejak tersebut dihitung dengan menggunakan mikroskop pada pembesaran 1000 kali. Iradiasi dilakukan di Pusat Penelitian Nuklir, BATAN Yogyakarta dengan menggunakan Reaktor Triga Mark II berkekuatan 100 KW. Kaca standar yang digunakan untuk zirkon adalah CN2 (*Corning Glass 2*) yang mengandung uranium sebesar 36,5 ppm (Fleischer, 1975). Umur batuan dihitung menggunakan kalibrasi faktor zeta (Hurford dan Green, 1983) dengan nilai Zeta (*Zeta Value*) sebesar 132. Perhitungan faktor kesalahan (*error*) menggunakan rumus Green (1981).

HASIL PENGUJIAN

Rincian zirkon hasil pemisahan dari setiap batuan dapat dilihat di Tabel 1 dan hasil analisis jejak belah zirkon dari batuan granitik daerah Kayutanam dapat dilihat di Tabel 2. Analisis jejak belah terhadap 13 (tiga belas) sampel batuan granitik dari daerah Kayutanam menghasilkan umur yang beragam, yaitu dari $5,1 \pm 0,5$ juta tahun sampai $19,9 \pm 1,5$ juta tahun. Zirkon yang terpisahkan untuk penentuan umur umumnya dalam kadar sangat baik, berukuran butir rata-rata kurang dari 16 *micron*, bening, sedikit retak dan tak berinklusi. Hasil analisis zirkon untuk Pentarikan Jejak Belah dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Hasil zirkon berdasarkan jumlah butir kristal yang memenuhi syarat untuk pentarikan Jejak Belah. Istimewa >20 kristal, sangat baik ~20 kristal, baik 15-19 kristal, cukup 10-14 kristal, jelek 5-9 kristal. (Gleadow, 1981). Berat sampel sekitar 0.5 – 1 kg.

Pentarikan Jejak Belah dilaksanakan di Laboratorium Pusat Survei Geologi oleh Dadan Rudiansyah dengan menggunakan nilai zeta 130 ± 0 , standar gelas CN-2/36.7 ppm.

Tabel 1. Daftar rincian sampel zirkon hasil pemisahan dari batuan granitik di Daerah Kayutanam dan sekitarnya.

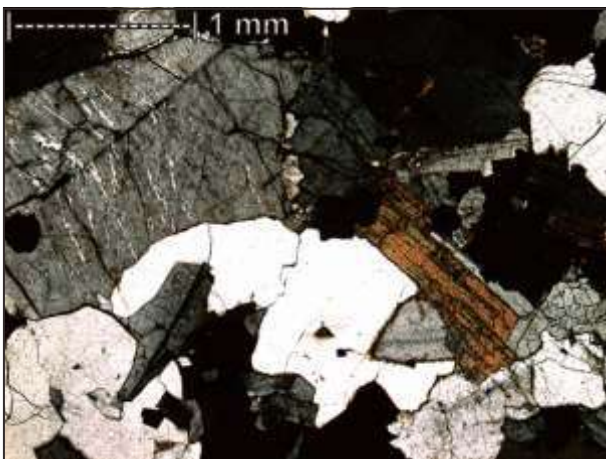
No	No / Kode Sampel	Lokasi	Koordinat	Nama Batuan	Ketinggian (m)	Mineral Penentu Umur	Jumlah butir kristal	Umur Stratigrafi	Hasil Zirkon
1	06 / DR / 01 A	Guguk	0° 32' 32" LS & 100° 20' 29" BT	Granit	310	Zirkon	33	Miosen	Istimewa
2	06 / DR / 01 B	Guguk	0° 32' 32" LS & 100° 20' 29" BT	Granit	312	Zirkon	17	Miosen	Baik
3	06 / DR / 01 C	Guguk	0° 32' 30" LS & 100° 20' 27" BT	Granit	315	Zirkon	20	Miosen	Sangat baik
4	06 / DR / 02	Jambak	0° 32' 32" LS & 100° 20' 21" BT	Granit	240	Zirkon	17	Miosen	Baik
5	06 / DR / 03 B	Jambak	0° 31' 30" LS & 100° 20' 58" BT	Granit	250	Zirkon	26	Miosen	Istimewa
6	06 / DR / 04	Sipinang	0° 33' 58" LS & 100° 21' 11" BT	Granit	200	Zirkon	17	Miosen	Baik
7	06 / DR / 05	Lubuk Aur	0° 34' 16" LS & 100° 21' 12" BT	Granit	197	Zirkon	19	Miosen	Baik
8	06 / DR / 10 A	Sakayan Jauh	0° 36' 0,7" LS & 100° 20' 17" BT	Granit	250	Zirkon	23	Miosen	Istimewa
9	06 / DR / 13 A	Sakayan Gadang	0° 38' 17" LS & 100° 20' 20" BT	Granit	230	Zirkon	23	Miosen	Istimewa
10	06 / DR / 14	Asampulo	0° 37' 28" LS & 100° 24' 49" BT	Granit	800	Zirkon	15	Miosen	Baik
11	06 / DR / 16 A	Asampulo	0° 37' 45" LS & 100° 24' 26" BT	Granit	750	Zirkon	18	Miosen	Baik
12	06/DR/24A	Kandang Empat	0° 29' 13" LS & 100° 20' 13" BT	Granit	300	Zirkon	10	Miosen	Cukup
13	06 / DR / 25	Solodako	0° 31' 14" LS & 100° 20' 43" BT	Granit	310	Zirkon	26	Miosen	Istimewa

Tabel 2. Hasil analisis zirkon untuk pentarikan jejak belah dari batuan granitik Daerah Kayutanam dan sekitarnya

No	No / Kode Sampel	Jumlah butir kristal	Jumlah Jejak Spontan (Ns)	Jumlah Jejak Induksi (Ni)	P(x ²) (%)	Uranium (ppm)	Umur (juta tahun)
1	06 / DR / 01 A	33	1376	8780	0.0	363.8	—
2	06 / DR / 01 B	17	993	3332	1.2	382.0	13.9 ± 0.8
3	06 / DR / 01 C	20	245	1210	32.1	155.5	9.7 ± 0.7
4	06 / DR / 02	17	336	2995	0.0	283.8	5.3 ± 1.0
5	06 / DR / 03 B	26	397	1825	0.4	127.2	11.2 ± 0.9
6	06 / DR / 04	17	742	4953	0.0	474.6	6.6 ± 0.6
7	06 / DR / 05	19	453	2542	0.0	280.1	10.2 ± 0.8
8	06 / DR / 10 A	23	910	7094	0.0	508.4	6.0 ± 0.6
9	06 / DR / 13 A	23	1605	3881	0.0	442.4	19.9 ± 1.5
10	06 / DR / 14	15	650	5749	0.0	497.9	5.1 ± 0.5
11	06 / DR / 16 A	18	315	1533	0.0	132.2	10.8 ± 1.3
12	06 / DR / 24 A	10	749	2318	0.0	270.0	15.0 ± 1.4
13	06 / DR / 25	26	778	7066	0.0	371.4	6.3 ± 0.9

DISKUSI

Berdasarkan hasil analisis Jejak Belah terhadap 13 (tiga belas) sampel batuan granitik dari daerah Kayutanam dan sekitarnya yang beragam, yaitu antara $5,1 \pm 0,5$ juta tahun sampai $19,9 \pm 1,5$ juta tahun. Dari hasil tersebut kemungkinan di daerah ini terjadi lebih dari satu kali periode terobosan. Analisis petrografi batuan granitik yang tersingkap di daerah Kayutanam dan sekitarnya ini disimpulkan batuan cukup segar, bertekstur holokristalin, hipidiomorfik granular dan berbutir sedang. Mineral biotit hadir cukup banyak ($\sim 8 - 12\%$) terutama pada batuan nomor : 06DR01 dan 06DR04. Untuk batuan granit 06DR13A yang menunjukkan umur tertua di daerah ini, yaitu $19,9 \pm 1,5$ juta tahun, memperlihatkan tekstur sedikit berbeda dengan batuan yang berumur lebih muda. Batuan ini tampak retak-retak, terhancurkan sebagian, dan mineral-mineral penyusun batuan tampak telah berubah. (Gambar 4 dan 5).



Gambar 4. Granit 06DR04, yang bertekstur holokristalin, hipidiomorfik granular, berbutir sedang dan cukup segar.



Gambar 5. Granit 06DR13A yang tampak retak-retak, terhancurkan dan berubah.

Berdasarkan lokasi dan hasil penentuan umur (lihat Gambar 3), batuan granitik di daerah ini dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Terobosan granit di kelompok Batuan Granitik (Tmgr) sekitar Kayutanam, BT. Barangin dan BT. Parhantian Luhut, yaitu di lokasi 06DR01A, C; 06DR02; 06DR04; 06DR05; 06DR010A; 06DR14; 06DR16A dan 06DR25, yang berumur $10,8 \pm 1,3$ hingga $5,1 \pm 0,5$ juta tahun (Miosen Akhir Bagian Bawah sampai Pliosen Awal);
2. Terobosan granit di kelompok Batuan Granitik (Tmgr) sekitar Salibutan, yaitu di lokasi 06DR13A menunjukkan umur $19,9 \pm 1,5$ juta tahun (Miosen Awal Bagian Atas);
3. Terobosan granit di luar kelompok Batuan Granitik (Tmgr), yaitu di lokasi 06DR24A, 06DR01B dan 06DR03B menunjukkan umur ($15,0 \pm 1,4$), ($13,9 \pm 0,8$) dan ($11,2 \pm 0,9$) juta tahun (Miosen Tengah Bagian Bawah-Atas).

Dari pengelompokan ini terlihat bahwa terobosan granitik yang paling tua terjadi pada Miosen Awal Bagian Atas ($19,9 \pm 1,5$ juta tahun) di bagian selatan. Kemudian disusul oleh terobosan berikutnya yaitu terobosan berumur Miosen Tengah Bagian Bawah-Atas ($15,0 \pm 1,4$ sampai $11,2 \pm 0,9$ juta tahun). Terobosan terakhir yaitu terobosan granitik yang berumur Miosen Akhir Bagian Bawah sampai Pliosen Awal ($10,8 \pm 1,3$ hingga $5,1 \pm 0,5$ juta tahun).

Dengan melihat Peta Geologi Lembar Padang skala 1 : 250.000, daerah penelitian termasuk kedalam Busur Magmatik Barisan dengan sesar utamanya merupakan bagian dari Sesar Besar Sumatera yang berarah barat laut-tenggara (Kastowo, drr.1996). Munculnya terobosan-terobosan granit dengan sebaran tidak beraturan ini dipengaruhi oleh struktur yang berarah utara-selatan dan timur laut- baratdaya, yang merupakan sesar penyerta dari sesar utama.

KESIMPULAN

Hasil penentuan umur dengan metode Pentarikan Jejak Belah menunjukkan adanya tiga kelompok batuan terobosan granitik. Dari tiga kelompok ini dapat disimpulkan bahwa kemungkinan di daerah Kayutanam dan sekitarnya terjadi tiga kali periode terobosan. Terobosan pertama yaitu pada Miosen Awal, kemudian disusul terobosan periode kedua yaitu pada Miosen Tengah dan sebagai terobosan terakhir pada Miosen Akhir hingga Pliosen Awal. Secara regional terobosan granitik di daerah Kayutanam dan sekitarnya ini

termasuk dalam terobosan Granitik Miosen. Untuk mengetahui lebih rinci genesa batuan granitik ini perlu dilakukan pentarikan dengan metoda lain seperti Ar-Ar atau K-Ar dan analisis kimia batuan baik dengan ICPMS maupun XRF.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sdr. Dadan Rudiansyah beserta tim Laboratorium Geokronologi khususnya Pentarikan Jejak Belah atas kerjasamanya dalam penelitian di Kabupaten Padang Panjang, Sumatera Barat.

ACUAN

- Bemmelen, R.W. van, 1941, *Berita Berkala Vulkanologi*, Djawatan Geologi, Bandung Noos, 95-98, 110 p.
- Bermudez, M.A., Glotzbach, C., and Alson, P., 2015. A new Poissonian algorithm for the determination of fission-track ages, *Journal Computers & Geosciences* 76: 141-150.
- Carpna, J., 1992, Fission Track dating of zircon : zircons from Mount Blanc Granite, *Journal of Geology*.100 : 411-421.
- Crow, M.J, Johnson, C.C., Mc. Court, and Hermanto, 1993, *The Simplified geology and known metalliferous mineral occurrences, Padang Quadrangle, Southern Sumatra*. Geological and Mineral Exploration Project (SSGMEP).
- Fleischer, R.L., Price P.B., and Walker, R.M., 1975. *Nuclear Tracks in Solids : Principles and Applications*. University of California Press, Berkeley.
- Galbraith, R. F., 1981. On statistical models of fission track counts. *Math Geol.* 13,pp. 471-478.
- Gleadow, A.J.W., 1981. *Fission track dating methods: what are the real alternatives?* Nuclear Tracks, 5: 3-14.
- Green, P.F., 1981. A new look at statistics in fission track dating. *Nucl. Track. Radial Means.* 5, 77-86.
- Hurfurd, and Green, P.F., 1983. The zeta age calibration on fission track dating. *Isotop Geosci.* 285-317
- Kastowo, Gerhard, W. L., Gafoer S., dan Amin, T.C., 1996, *Peta Geologi Lembar Padang, Sumatra, Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Katili, J.A, 1969, Large transcurrent faults in Southeast Asia with special reference to Indonesia : *Natl. Ins. Geology and Mining, Bandung, Bull.*, v.2 No.3, p. 1-20.
- Piedrahita, V.A., Bernet, M., Chadima, M., Sierra, G.M., Marin-Ceron, M.I., and Toro, G.E., 2017, Detrital zircon fission track thermochronology and magnetic fabric of the Amaga Formation (Colombia) : Intracontinental deformation and exhumation events in the northwestern Andes, *Journal Sedimentary Geology*, doi : 10.1016/j.sedgeo.2017.05.003.
- Rosidi, H.M.D., Tjokrosapoetro S., and Pendowo , B., 1976 , *Geological map of the Painan and eastern part of Muarasiberut Quadrangles, Sumatra, Scale 1:250.000*. Geological Survey of Indonesia.
- Silitonga, P.H and Kastowo , 1975 , *Geological map of Solok Quadrangle, Sumatra, scale 1 :250.000*, Geological Survey of Indonesia.
- Sudjana,E., Kurnia, U., Siregar D.A., dan Heryani, Y., 2001, Umur Batuan Granit Asal Sumatera Barat Berdasarkan Metode Pentarikan Jejak Belah, *Jurnal Bionatura*, Vol.3, No.3, 138-148
- Tagami,T., Nand Lal, Sorkhabi-Rasoul B., Ito H. and Nishimura S., 1988. *Fission Track Dating Using External Detector Method: a Laboratory Procedure. Faculty of Science*. Kyoto University, Series of Geol & Mineral. Vol. LIII.No. 1 & 2, pp. 1-30.
- Westerveld, J., 1953, Eruptions of acid pumice tuffs and related phenomena along the great Sumateran fault-trough system : *Pacific Sci. Cong. 7th, New Zealand, 1949, Proc.* V.2, p.411-438.
- Xiaoning, Wanming, C. Y., Hongwei, D., Na'na, H., Li Xi, and Aikui, Z., 2014, Zircon fission track thermochronology : new evidence on tectonic activity in Bayinguole area, eastern Kunlun Mountains, 2014, *Journal Atomic Energy Science and Technology*, v.48(2), p. 378-384.

