

PETROLOGI DAN GEOKIMIA BATUAN GUNUNG API TERSIER JELAI DI DAERAH MALINAU, KALIMANTAN TIMUR: Implikasi tektoniknya

Baharuddin

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122

S a r i

Geologi daerah Malinau di Kalimantan Timur, belum banyak diketahui karena jangkauan lokasinya yang sulit. Penelitian ini menyajikan data petrologi dan geokimia batuan Gunung Api Tersier Jelai dan implikasi tektoniknya. Sembilan contoh batuan dianalisis memakai metoda XRF (unsur oksida utama) dan ICP-MS (unsur jejak dan unsur tanah langka) serta tiga contoh batuan diuji untuk penentuan umur mutlak memakai metoda Kalium - Argon. Batuan Gunung Api Tersier Jelai di daerah Malinau tersingkap sebagai retas dan lava basal – andesit - dasit yang secara geokimia digolongkan ke dalam seri batuan kalk-alkalin menengah sampai toleitik. Diagram laba-laba unsur jejak memperlihatkan terjadinya pemiskinan unsur Nb dan Ti yang merupakan ciri busur kepulauan (*island arc*). Penentuan umur mutlak memakai metoda Kalium-Argon terhadap tiga contoh batuan Gunung Api Tersier Jelai menghasilkan kisaran umur antara $16,13 \pm 2,67$ sampai $14,72 \pm 0,90$ Juta tahun atau Neogen-Miosen-Burdigalian sampai dengan Neogen-Miosen-Langhian. Berdasarkan atas hasil analisis petrologi, geokimia dan penentuan umur mutlak terhadap batuan Gunung Api Jelai, maka disimpulkan bahwa keberadaan batuan gunung api ini berkaitan erat dengan kegiatan penunjaman Lempeng Samudera Palawan ke arah selatan di bawah Kalimantan Timur pada Kala Miosen Tengah setelah berakhirnya penunjaman Lempeng Samudera Laut Cina Selatan yang menghasilkan batuan terobosan Sintang pada Kala Oligo-Miosen.

Kata kunci: Batuan Gunung Api Jelai, petrologi, geokimia dan tektonik

Abstract

Geology of Malinau region in east Kalimantan is very little known because of its difficulties in accessibility. The aim of this study is to present petrology and geochemical data of the Tertiary Jelai Volcanic rocks and its tectonic implications. Nine samples have been analysed using XRF (major elements) and ICP-MS (trace and rare earth elements) methods and three samples were examined for absolute age dating using a K-Ar method. The Tertiary Jelai volcanic rocks in Malinau area are dykes and lavas having basalt-andesite-dacite in composition. Based on petrology and geochemistry data, the Jelai Volcanic rocks are medium medium calc-alkaline to tholeiitic series. Depletion of Nb and Ti indicates an island arc affinity. Absolute age dating using potassium-argon method for three rock samples yielded ages that vary from 16.13 ± 2.67 to 14.72 ± 0.90 m.a. or Neogene-Miocene-Burdigalian to Neogene-Miocene-Langhian. It can be concluded that the existence of Jelai volcanic rock is strongly related to subduction of the Palawan Oceanic Plate beneath East Kalimantan during the Middle Miocene soon after subduction of the South China Sea Plate ceased which is formed the Sintang Intrusives during the Oligo-Miocene time.

Keywords: Tertiary Jelai volcanic rocks, petrology, geochemistry and tectonic

Pendahuluan

Daerah penelitian terletak di daerah perbatasan Indonesia – Malaysia (Sarawak) yang termasuk ke dalam Kabupaten Malinau, Kalimantan Timur (Gambar 1). Litologi daerah Malinau dan sekitarnya didominasi oleh batuan flis Formasi Mentarang berumur Kapur yang ditindih secara takselarar oleh batuan sedimen Tersier dan diterobos oleh batuan Gunung Api Tersier Jelai (Heryanto drr, 1995).

Geologi daerah penelitian belum banyak diketahui karena jangkauan lokasinya yang sulit, oleh sebab itu penelitian ini mencoba mengungkap data petrologi dan geokimia batuan Gunung Api Tersier Jelai serta implikasinya terhadap tektonika Kalimantan Timur.

Secara petrologis, batuan Gunung Api Jelai yang tersingkap sebagai retas dan aliran lava terdiri atas basal, andesit, sampai dasit. Sembilan contoh batuan yang diperoleh dari beberapa titik lokasi pengamatan dan pengambilan contoh di lapangan telah dianalisis geokimia memakai metoda XRF (unsur oksida utama) dan metoda ICP-MS (unsur

jejak dan unsur tanah langka) yang keseluruhannya dilakukan di laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung. Tiga contoh batuan dianalisis untuk penentuan umur mutlak yang dipreparasi di Pusat Survei Geologi Bandung, sedangkan analisisnya memakai metoda K-Ar di Laboratorium AMDEL Australia.

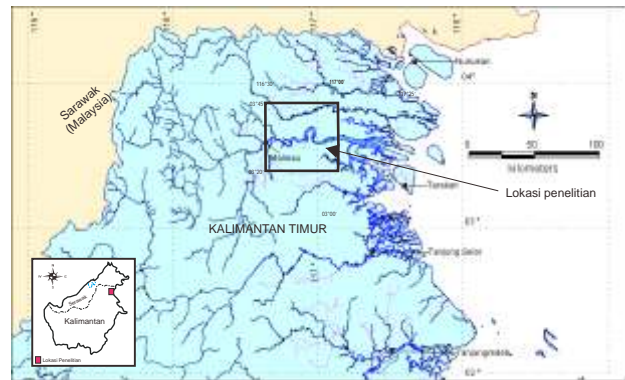
Tataan Geologi

Daerah Kalimantan Timur secara umum dialasi oleh batuan meta sedimen berupa endapan sedimen *flysch* yang monoton berumur Kapur (Hutchison., 1996). Satuan batuan ini termasuk ke dalam Kelompok Embaluh yang setempat telah mengalami deformasi berupa perlipatan dan pensesaran sehingga sering dijumpai satuan bantuh (*melange*) dan formasi terhancurkan (*broken formation*). Kelompok Embaluh diterobos oleh batuan terobosan bersifat asam sampai menengah dan ditindih secara takselaras oleh batuan yang lebih muda seperti batuan gunung api dan sedimen Tersier (Baharuddin dr, 1993).

Data pengukuran Gaya Berat Regional menunjukkan adanya anomali positif di bagian timur daerah penelitian yang mengindikasikan adanya penebalan kerak benua (batuan terubah) yang secara tajam berubah menjadi anomali negatif di bagian barat yang ditempati endapan batuan sedimen. Batas kedua anomali gaya berat ini diduga dikontrol oleh struktur regional Kalimantan berarah timur laut – barat daya (Setiadi, 2009). Busur magmatisme regional berumur Tersier menurut Carlile dan Mitchell (1994) memanjang dari arah barat ke timur dan selanjutnya membelok ke arah timur laut hingga wilayah Sabah (Malaysia). (Gambar 2).

Geologi daerah penelitian didasarkan pada Peta Geologi kompilasi Lembar Malinau (Heryanto dr., 1995) Satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian ialah Formasi Mentarang – Bengara, Kelompok Embaluh yang terdiri atas runtunan monoton batuan sedimen klastika halus berciri turbid berumur Kapur. Formasi ini terdiri atas satuan batupasir, berwarna kelabu - kehijauan, berbutir halus - menengah dengan kandungan mineral kuarsa, felspar, mika dan fragmen batuan, berlapis dengan batulanau dan serpih.

Setempat, dijumpai breksi dan konglomerat. Satuan batuan ini diduga terendapkan pada lingkungan tepi benua pinggir cekungan pada Masa Kapur -



Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah Malinau, Kalimantan Timur.

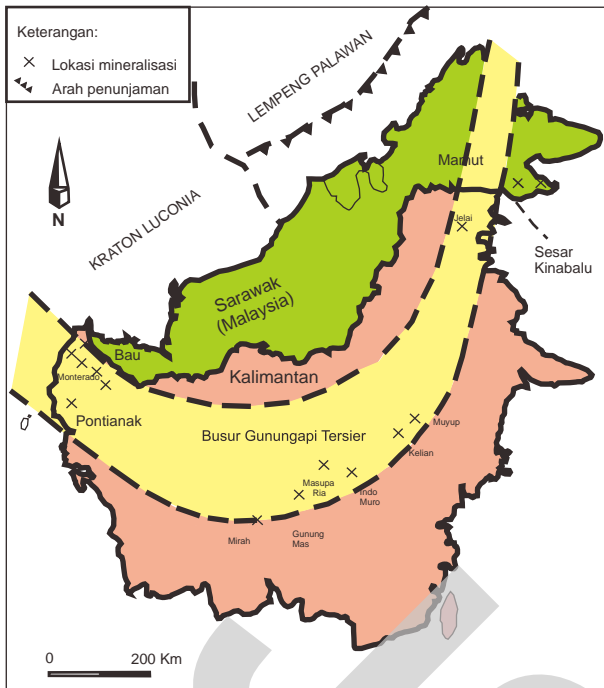
Paleogen. Formasi Sembakung yang dibandingkan dengan Formasi Malinau, menindih secara takselaras Kelompok Embaluh, terdiri atas konglomerat alas, batulempung, batulanau, berwarna kecoklatan kaya akan algae, foram, koral, moluska dan gastropoda. Formasi ini berumur Eosen Tengah- Eosen Akhir yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal. Ketebalan satuan batuan paling sedikit 300 meter. Kegiatan magmatisme pada Miosen tengah menghasilkan batuan Gunung Api Jelai yang diduga menjemari dengan Formasi Sembakung - Malinau. Batuan gunung api ini terdiri atas breksi gunung api, tuf, breksi lava, dan aliran lava basal - andesit – dasit yang setempat telah terubah. Batuan gunung api lebih muda berumur Mio - Pliosen (Formasi Metulang - Sinjin) yang terdiri atas piroklastik dan leleran lava dijumpai menindih secara takselaras batuan yang lebih tua.

Hasil Analisis

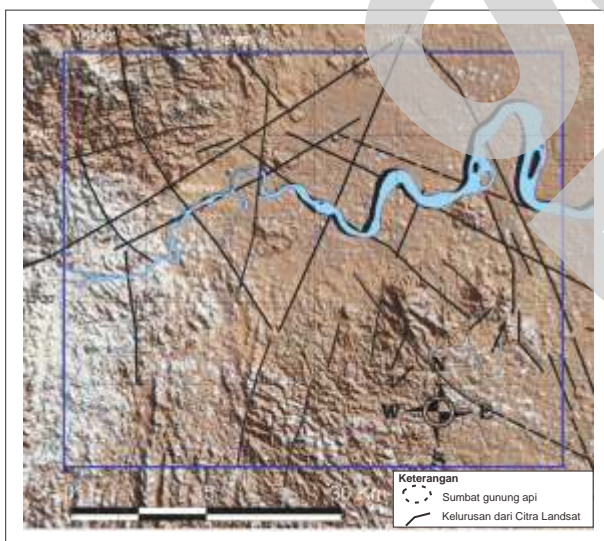
Petrologi

Batuan Gunung Api Tersier Jelai tersingkap sebagai sumbat, retas dan lava bersusunan basal, andesit dan sedikit dasit yang tersebar mengikuti pola struktur regional (Gambar 3) berarah timur laut – barat daya dan barat laut – tenggara.

Hasil pengamatan petrologi memperlihatkan basal (Gambar 4) berwarna kelabu gelap sampai hitam, berbutir sangat halus, berstruktur aliran, porfiritik dengan mineral olivin, piroksin dan plagioklas sebagai fenokris yang tertanam di dalam masa dasar plagioklas dan piroksin mikrokristal. Andesit (Gambar 5) berwarna kelabu terang, berbutir halus, porfiritik, plagioklas dan piroksin sebagai fenokris yang tertanam di dalam masa dasar plagioklas, kristal mikro dan gelas gunung api.



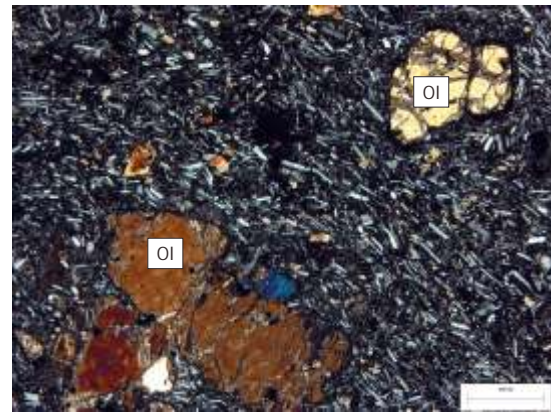
Gambar 2. Peta Lajur Magmatisme regional Kalimantan menurut Carlile & Mitchell, 1994.



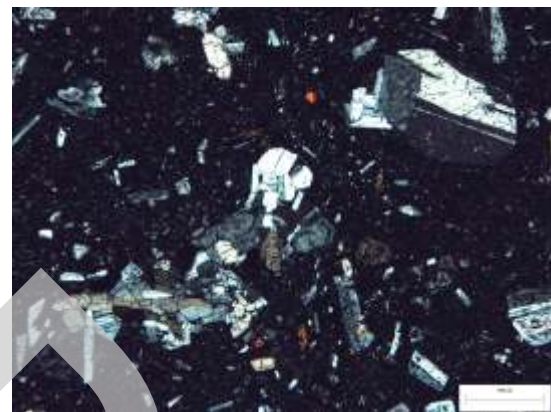
Gambar 3. Citra Landsat yang menunjukkan pola struktur regional daerah Malinau, Kalimantan Timur.

Geokimia unsur utama

Hasil analisis laboratorium unsur oksida utama batuan Gunung Api Jelai memakai metoda XRF disajikan di Tabel 1. Kisaran kandungan unsur oksida utama dalam satuan persen berat sebagai berikut: SiO_2 50,36 - 61,38; TiO_2 0,47 - 0,90; Al_2O_3 15,21 - 17,24; Fe_2O_3 4,97 - 9,62; MnO 0,07 - 0,31; MgO 2,47 - 11,31; CaO 5,56 - 9,32; Na_2O 1,25 - 3,33;



Gambar 4. Fotomikro nikol bersilang batuan basalt pada lokasi 07SH 09, memperlihatkan fenokris olivin yang tertanam dalam massa dasar plagioklas dan kristal mikro piroksin. plag



Gambar 5. Fotomikro nikol bersilang batuan andesit pada lokasi 07EP15, memperlihatkan fenokris plagioklas dan piroksin yang mengambang dalam massa dasar plagioklas.

K_2O 0,10 - 2,45 dan P_2O_5 0,08 - 0,21. Unsur hilang dibakar yang berkisar antara 0,82% sampai 1,5% menunjukkan tingkat kesegaran batuan yang relatif segar. Untuk penggambaran kedalam diagram, seluruh unsur oksida utama telah dinormalisasi menjadi 100% tanpa unsur hilang dibakar dan kandungan Fe_2O_3 dihitung sebagai FeO^* . Mg\# batuan Gunung Api Jelai berkisar antara 48 hingga 77.

Unsur jejak

Kandungan unsur jejak dan unsur tanah langka dalam satuan ppm (Tabel 2) dianalisis memakai metoda ICP-MS terutama unsur ion litofil besar yaitu masing - masing berkisar antara K (855 - 20.322); Ba (47 - 324); Rb (5 - 105) dan Sr (219 - 553). Unsur high field strength berupa Nb (5 - 16); Ti (2830 - 5366) dan Zr (11 - 141).

Unsur tanah langka

Hasil analisis kandungan unsur tanah langka batuan Gunung Api Jelai (Tabel 3) menunjukkan adanya pemiskinan kandungan pada unsur Eu sampai kebatas 13,68 ppm setelah dinormalisasi terhadap kondrit menurut McDonough dan Sun (1995).

Pentarikan Kalium Argon (K-Ar dating)

Tiga contoh batuan (07 JW 07; 07 NO 01 dan 07 EP 15) telah dianalisis memakai metoda uji pentarikan Kalium Argon (K-Ar) untuk mengetahui umur mutlak batuan. Uji pentarikan K-Ar yang memakai mineral plagioklas sebagai penentu umur memperlihatkan kisaran umur antara $14,72 \pm 0,90$ dan $15,28 \pm 5,18$ jt tahun (*Neogen-Miosen-Langhian*) sampai dengan $16,13 \pm 2,67$ jt tahun (*Neogen-Miosen-Burdigalian*). Batuan Gunung Api Jelai diduga merupakan fase awal kegiatan gunung api di Kalimantan Timur setelah berakhirnya terobosan Sintang dan berlanjut hingga kegiatan Gunung Api Metulang Long Nawan dan Long Pahangai (Baharuddin dr. 1993, dan Abidin dr. 1993) pada Kala Miosen Tengah hingga Plio - Plistosen.

Diskusi

Batuan Gunung Api Tersier Jelai yang dijumpai di wilayah Malinau, Kalimantan Timur tersingkap sebagai retas dan lava berkomporsi basal berwarna gelap dan andesit serta sedikit dasit, bertekstur halus dan porfiritik. Penggambaran unsur oksida utama terhadap SiO_2 dalam diagram Harker (Gambar 6) memperlihatkan adanya kecenderungan penurunan kadar MgO , FeO^* dan CaO seiring dengan peningkatan kadar SiO_2 . Kandungan FeO^* meningkat di batuan basal – andesit tetapi menurun di batuan andesit – dasit. Hal ini ditafsirkan sebagai adanya proses kristalisasi dan fraksinasi mineral olivin dan piroksin.

Pada diagram Total alkali silica (TAS) menurut Le Bas dr. (1986) (Gambar 7), batuan Gunung Api Tersier Jelai termasuk kedalam batuan andesit-basal, andesit sampai dasit. Diagram diskriminasi SiO_2 - K_2O menurut Peccerillo dan Taylor (1976), menempatkan batuan Gunung Api Tersier Jelai kedalam seri kalk – alkalin menengah, kecuali 07 EP 12 yang berada di batas K – tinggi, sebaliknya dua percontoh (07 EP 09 & 07 EP 10) berada pada seri toleitik (K – rendah) (Gambar 8).

Selanjutnya diagram laba-laba unsur jejak (Gambar 9) menurut Thompson dr., 1982 yang dibandingkan dengan N-MORB dan OIB dari Sun dan Mc Donough, 1989 memperlihatkan adanya pemiskinan unsur Nb, P dan Ti. Sebaliknya pengayaan terjadi pada unsur – unsur large ion lithophile yaitu Ba, Rb, Th dan K, kecuali pada batuan toleit. Pemiskinan pada unsur Nb dan Ti serta komposisi batuan yang bersifat kalk - alkalin K - menengah sampai toleit merupakan ciri batuan gunung api yang terbentuk pada busur kepulauan yang berhubungan dengan penunjaman kerak samudera di bawah kerak benua. Penggambaran dalam diagram laba-laba unsur tanah langka (Gambar 10) yang telah dinormalisasi terhadap kondrit menurut McDonough dan Sun (1995), menunjukkan adanya pemiskinan unsur Eu pada seluruh contoh batuan sebagai akibat dari sumber magma yang tidak mengandung garnet (Wilson., 1988).

Hasil uji pentarikan memakai metoda K-Ar dari tiga contoh batuan ini menghasilkan kisaran umur antara 14,72 Jtl.tahun sampai 16,13 Jtl.tahun atau *Neogen-Miosen-Langhian* sampai *Burdigalian*. Umur batuan Gunung Api Jelai yang secara regional dibandingkan dengan batuan gunung api Tersier Kalimantan Barat, memperlihatkan bahwa batuan gunung api ini merupakan fase awal (initial stage) dari kegiatan magmatisme pada Kala Miosen Tengah di Kalimantan Timur. Fase awal dari kegiatan magmatisme ini juga dicirikan oleh munculnya batuan bersifat basa yang berasal dari selubung atas (*upper mantle*), ciri ini terlihat dari munculnya fase olivin serta tingginya harga Mg\# yang berkisar antara 48 sampai dengan 77 pada beberapa contoh batuan.

Implikasi Teknik

Daly dr. (1987) berpendapat bahwa tektonik utama di wilayah Kalimantan utara bagian timur terjadi pada Kala Burdigalian (17 Jtl.). Kegiatan tektonik pada kala itu ditandai oleh berakhirnya kegiatan pemekaran Lempeng Samudera Laut Cina Selatan akibat benturan Kraton Luconia dengan benua Kalimantan dan merupakan awal penunjaman Lempeng Samudera Palawan di bawah Kalimantan utara bagian timur.

Tabel 1. Hasil Analisis Geokimia Unsur Utama (% berat) Memakai Metode XRF Batuan Gunung Api Jelai, di Daerah Malinau,

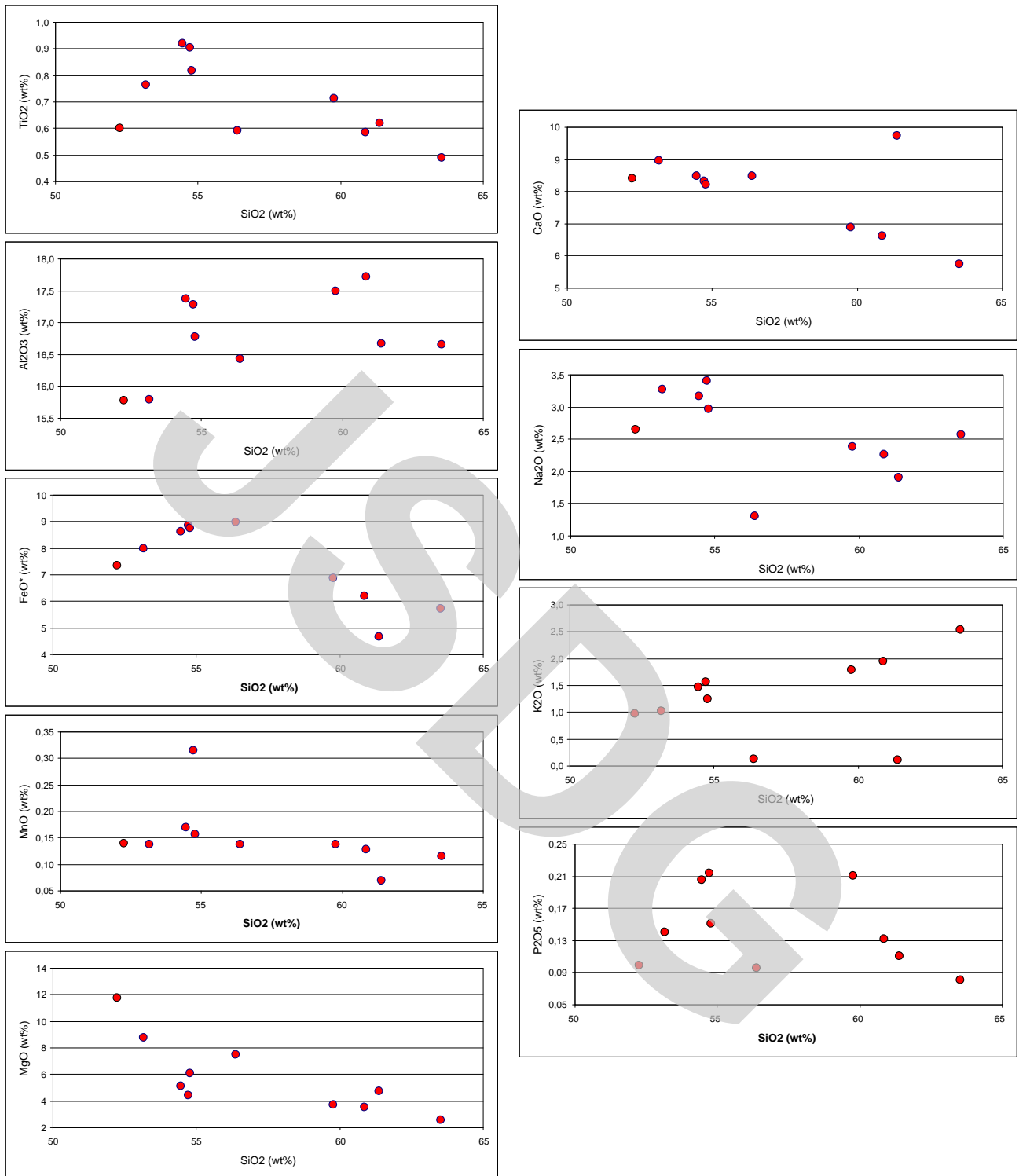
	07SH09A	07 NO12	07NO13	07NO14	07EP10	07NO05	07EP15	07EP12	07EP09	07JW07
SiO ₂	50,36	53,48	52,92	58,70	58,78	52,32	59,22	61,38	53,90	53,16
TiO ₂	0,58	0,88	0,90	0,70	0,59	0,75	0,57	0,47	0,56	0,80
Al ₂ O ₃	15,21	16,69	16,88	17,18	15,97	15,54	17,24	16,09	15,71	16,28
Fe ₂ O ₃	7,88	9,62	9,31	7,49	4,97	8,73	6,72	6,13	9,53	9,44
MnO	0,14	0,31	0,17	0,14	0,07	0,14	0,12	0,11	0,13	0,15
MgO	11,31	4,32	4,97	3,66	4,53	8,60	3,43	2,47	7,15	5,93
CaO	8,10	8,13	8,25	6,77	9,32	8,82	6,46	5,56	8,10	7,98
Na ₂ O	2,56	3,33	3,08	2,35	1,83	3,22	2,20	2,48	1,25	2,88
K ₂ O	0,93	1,53	1,42	1,75	0,10	1,01	1,90	2,45	0,12	1,20
P ₂ O ₅	0,10	0,21	1,20	0,21	0,11	0,14	0,13	0,08	0,09	0,15
LOI	1,91	0,81	1,37	1,50	2,49	0,74	2,01	1,91	2,62	1,20
Total	99,08	99,48	99,46	100,44	98,75	100,01	99,99	99,13	99,16	99,16
Mg#	76,99	51,12	55,40	53,22	67,98	69,65	54,30	48,45	63,59	59,39

Tabel 2. Hasil Analisis Unsur Jejak (ppm) Memakai Metode ICP-MS Batuan Gunung Api Jelai, di Daerah Malinau, Kalimantan

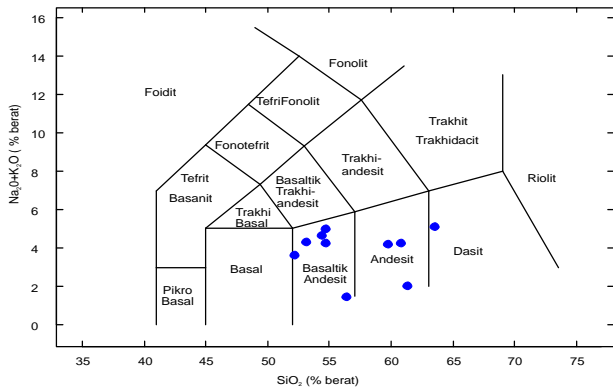
	07NO 05	07NO 12	07NO 14	07NO 13	07EP15	07EP10	07EP 09	07EP12	07SH 09	07JW 07
Nb	11,65	16,13	10,16	15,82	8,14	7,55	6,08	5,24	7,0	12,06
Zr	60,22	92,18	141,28	81,38	94,02	11,57	59,06	64,06	62,64	75,16
Y	17,88	24,42	27,92	23,91	21,68	18,66	20,62	19,08	20,17	21,59
Sr	354,4	314,4	553,0	315,2	324,9	335,7	219,0	300,2	280,5	288,2
Rb	26,37	48,0	64,6	44,98	82,49	4,83	6,37	105,63	42,52	42,55
Ba	173,6	273,9	277,3	257,5	276,8	62,17	47,88	324,1	243,2	188,7
La	10,9	17,89	23,8	17,36	23,16	17,81	17,61	18,97	16,75	14,57
Ce	21,89	36,42	50,07	35,37	47,25	34,55	36,17	36,62	33,2	29,84
Th	3,22	5,31	6,47	5,23	8,72	9,53	6,23	8,94	5,77	4,65
Sm	2,82	3,90	4,9	3,87	3,93	3,81	3,65	3,06	3,17	3,36
Yb	1,68	2,27	2,65	2,25	2,18	1,72	2,08	1,94	2,01	1,98
Tm	0,29	0,41	0,47	0,41	0,36	0,29	0,36	0,33	0,34	0,35
Nd	11,28	17,4	23,15	17,06	19,6	17,24	16,98	14,97	14,72	14,24
Tb	0,57	0,74	0,83	0,74	0,65	0,6	0,64	0,53	0,58	0,66

Tabel 3. Hasil Analisis Unsur Tanah Langka (ppm) Memakai Metode ICP-MS Batuan Gunung Api Jelai di Daerah Malinau, Kalimantan Timur

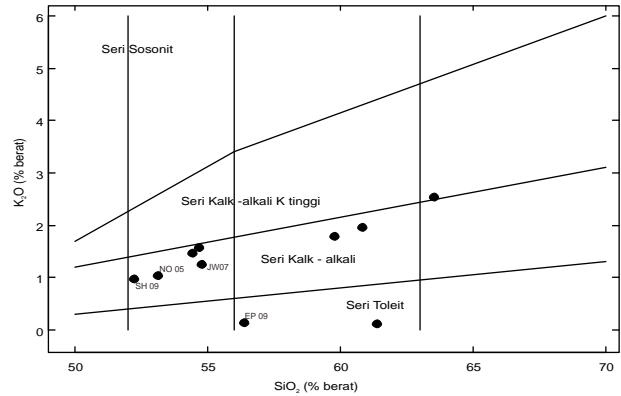
	07NO 05	07 NO12	07 NO14	07 NO13	07 EP 15	07 EP10	07 EP 09	07 EP 12	07 SH 09	07 JW 07
La	10,9	17,89	23,8	17,36	23,16	17,81	17,61	18,97	16,75	14,57
Ce	21,89	36,42	50,07	35,37	47,25	34,55	36,17	36,62	33,2	29,84
Pr	2,85	4,58	6,24	4,46	5,51	4,44	4,52	4,29	4,01	3,75
Nd	11,28	17,4	23,15	17,06	19,6	17,24	16,98	14,97	14,72	14,24
Sm	2,82	3,9	4,9	3,87	3,93	3,81	3,65	3,06	3,17	3,36
Eu	0,85	1,13	1,13	1,12	0,94	0,96	0,98	0,77	0,87	0,97
Gd	3,44	4,69	5,43	4,56	4,31	4,04	4,12	3,48	3,67	4,03
Tb	0,57	0,74	0,83	0,74	0,65	0,6	0,64	0,53	0,58	0,66
Dy	3,3	4,29	4,68	4,25	3,61	3,29	3,7	3,21	3,37	3,81
Ho	0,77	1,01	1,14	1,0	0,88	0,76	0,88	0,78	0,81	0,89
Er	1,93	2,62	2,95	2,61	2,35	1,96	2,31	2,07	2,14	2,26
Tm	0,29	0,41	0,47	0,41	0,36	0,29	0,36	0,33	0,34	0,35
Yb	1,68	2,27	2,65	2,25	2,18	1,72	2,08	1,94	2,01	1,98



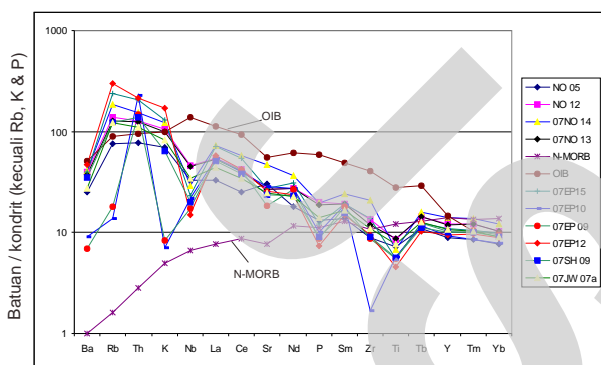
Gambar 6. Diagram Harker unsur utama batuan Gunung Api Tersier Jela.



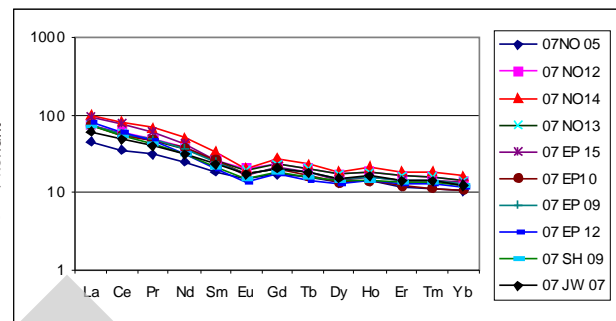
Gambar 7. Diagram Total Alkali Silika batuan Gunung Api Tersier Jelai menurut Le Bas dr, 1986.



Gambar 8. Diagram SiO₂ vs K₂O batuan Gunung Api Tersier Jelai menurut (Peccerillo dan Taylor, 1976), menempatkan batuan Gunung Api Tersier Jelai pada posisi Kalk-alkali dan



Gambar 9. Diagram laba-laba unsur jejak batuan Gunung Api Tersier Jelai, dinormalisasi terhadap kondrit menurut Thompson dkk, 1982 dan dibandingkan dengan N-MORB & OIB (Sun dan McDonough, 1989)



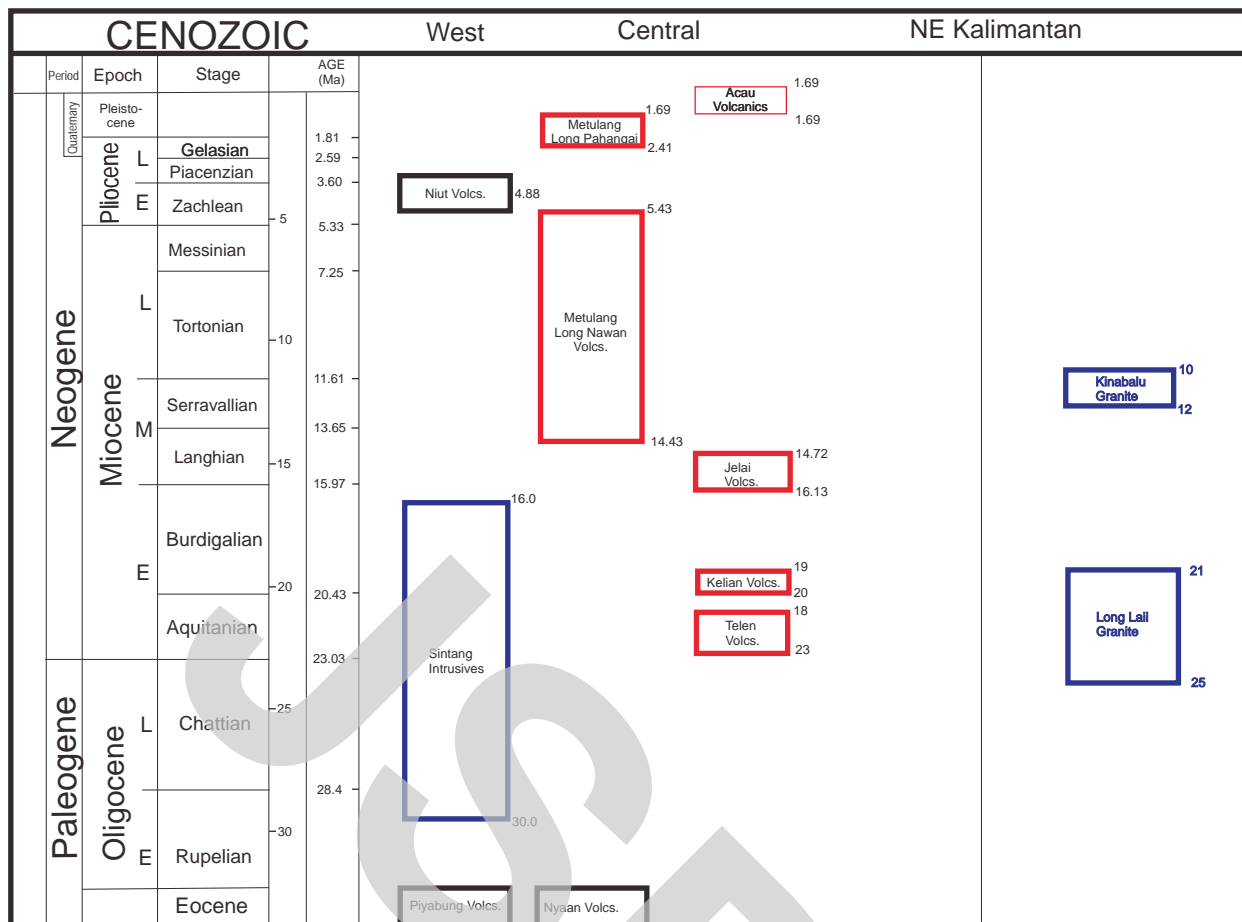
Gambar 10. Diagram laba-laba unsur tanah langka batuan Gunung Api Tersier Jelai, dinormalisasi terhadap kondrit menurut McDonough dan Sun (1995).

Data korelasi umur (Gambar 13) yang diperoleh menunjukkan bahwa kegiatan gunung api Tersier di wilayah Kalimantan Timur berhubungan dengan proses penunjaman yang telah berlangsung sejak Eosen (batuan Gunung Api Nyaan) sampai Mio – Pliosen (batuan Gunung Api Metulang Long Nawan) (Baharuddin dr. 1993). Sebaliknya, di wilayah Kalimantan Barat kegiatan gunung api Tersier diawali oleh kegiatan Gunung Api Piyabung pada kala Eosen kemudian dilanjutkan oleh terobosan Sintang (*Sintang intrusives*) yang berakhir pada Kala Miosen Awal (William dan Harahap., 1987).

Batuan gunung api Jelai berumur Miosen Tengah ditafsirkan sebagai hasil proses awal dari rangkaian kegiatan penunjaman Lempeng Samudera Palawan di bawah Lempeng Benua Kalimantan.

Kesimpulan

Batuan gunung api Jelai di Kalimantan Timur yang berumur Neogen-Miosen- Burdigalian sampai dengan Neogen-Miosen-Langhian terdiri atas batuan basal- andesit sampai dasit yang bersifat kalk-alkalin sampai toleitik. Batuan ini terbentuk pada busur kepulauan sebagai hasil penunjaman Lempeng Samudera Palawan di bawah lempeng Benua Kalimantan pada Kala Miosen Tengah setelah berakhirnya penunjaman Lempeng Samudera Cina Selatan pada Kala Oligo-Miosen yang menghasilkan terobosan Sintang (*Sintang intrusives*).



Gambar 13. Korelasi umur Batuan Magmatisme Tersier Kalimantan Barat, Tengah dan Timur laut dikompilasi dari berbagai sumber

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas terbitnya makalah ini. Ucapan terima kasih penulis juga tujukan kepada seluruh anggota tim Penelitian Batuan Gunung Api

Tersier Kalimantan Timur (A.S.Hakim M.Phil, Ir. Eko Partoyo M.Sc, Suyono ST, J. Wahjudiono ST.) atas kerjasamanya selama penelitian lapangan berlangsung. Kepada para analis di Laboratorium PSG yang telah menganalisa percontoh tak lupa kami ucapkan terimakasih.

Acuan

Abidin, H.Z., Pieters, P.E., and Sudana, D., 1993. *Geological map of the Long Pahangai Sheet, Kalimantan 1:250.000 scale*. Geol. Res. Dev. Centre, Bandung.

Baharuddin., Pieters, P.E., Sudana, D., and Mangga, S. A., 1993. *Geological map of the Long Nawan Sheet, Kalimantan 1:250.000 scale*. Geol. Res. Dev. Centre, Bandung.

Carlile, J.C and Mitchell, A.H.G., 1994. Magmatic arcs and gold - copper mineralisation in Indonesia. In: van Leeuwen, T.M., Hadenquist, J.W., James, L.P. and Dow, J.A.S. (Eds.), *Mineral Deposits of Indonesia - Discoveries of the past 25 years*. Journal of Geochemical Exploration, Special issue, 50:91-142.

Daly, M.C., Hooper, B.G.D, and Smith, D.G., 1987. Tertiary plate tectonics and basin evolution in Indonesia. *Proceeding Indonesian Petroleum Association, 6th Annual Convention*, Jakarta.

Hamilton, W., 1979. Tectonics of the Indonesian region. *United States Geological Survey, Professional Paper*, 1078.

- Hartono, U., 1994. The Petrology and Geochemistry of the Willis Volcanoes east Java, Indonesia. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Tasmania.
- Heryanto, R., Supriatna, S dan Abidin, H. Z., 1995. *Geologi Lembar Malinau, Kalimantan skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hutchison, C.S., 1988, Stratigraphic-Tectonic Model for Eastern Borneo, *Geol. Soc. Malaysia*, Bulletin 22: 135 – 151.
- Hutchison, C.S., 1996. 'The Rajang accretionary prism' and 'Lupar Line' problem of Borneo. In Hall, R & Blundell, D. (Eds.), *Tectonic Evolution of Southeast Asia. J. Geol. Soc. Special Publication* : 106, 247-261.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrology* 27 : 745-750.
- McDonough W. F. & Sun S-s., 1995. "The Composition of the Earth", *Chemical Geology* 120: 223-253.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rocks series in island arc and active continental margin. *American J. Sci.* 274: 321-355.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Rare Earth elements in East Carpathian volcanic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* 32: 121-126.
- Setiadi, I., 2009. Delineasi Cekungan Sedimen Daerah Kalimantan Berdasarkan Anomali Gayabarat. Thesis Magister Teknik Geofisika Insitut Teknologi Bandung (Tidak diterbitkan).
- Soeria- Atmadja, R., Noeradi, D. & Priadi, B., 1999. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution. *J. Asian Earth Sci.* 17: 25-45.
- Sun, S-s., & McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. The Geological Society, London, Spec. Publ. 42: 313-345.
- Thompson, R.N., 1982. Magmatism of the British Tertiary Volcanic Province. *Scott. J. Geol.* 18: 49-107.
- William, P.R., & Harahap, B.H., 1987. Preliminary Geochemical and age date from post subduction intrusive rocks, Northwest Borneo. *Aust. J. Earth Sci.* 34, 405-415.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis*. A Global Tectonic Approach. Harper Collin Academic: 466pp.