



Karakteristik Petrologi dan Geokimia Batuan Gunung Api Oligosen Akhir - Miosen di Daerah Gunung Muro, Kalimantan Tengah

Petrology and Geochemistry Characteristics of the Late Oligocene - Miocene Volcanic Rocks in Gunung Muro Region, Central Kalimantan

Joko Wahyudiono

Pusat Survei Geologi

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122

E-mail : joko_wh001@yahoo.com

Naskah diterima : 26 April 2017, Revisi terakhir : 29 Mei 2017, Disetujui : 29 Mei 2017, Online : 31 Mei 2017

Abstrak - Gunung Muro terletak di Kabupaten Purukcahu, Kalimantan Tengah. Secara geologi didominasi oleh batuan gunung api berumur Oligosen Akhir-Miosen. Delapan conto batuan yang berasal dari daerah penelitian tersebut telah diambil dan dipreparasi untuk analisis petrografi dan geokimia. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui evolusi geodinamika, termasuk di dalamnya tipe batuan, seri magma dan lingkungan tektonik pada jaman Oligosen Akhir sampai Miosen di daerah Gunung Muro dan sekitarnya. Analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi dilakukan untuk menentukan jenis batuan, sedangkan XRF dan ICP dilakukan untuk mendapatkan kandungan unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah langka. Berdasarkan analisis petrografi kedelapan conto batuan dapat dikategorikan sebagai basal, andesit-basal dan diorit. Perajahan persen berat SiO_2 terhadap persen berat $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ digunakan bahwa batuan terdiferensiasi dari basal, menjadi andesit-basal, traki basal-andesit hingga andesit. Perajahan persen berat SiO_2 terhadap persen berat K_2O menunjukkan bahwa conto batuan pada daerah penelitian termasuk ke dalam seri magma kalk-alkali. Hasil ini menunjukkan bahwa conto batuan yang diteliti berasal dari lingkungan tektonik konvergen. Keberadaan Nb yang kadarnya rendah pada diagram laba-laba menunjukkan bahwa unsur ini dapat bertahan dengan baik selama peleburan.

Kata Kunci : petrologi, geokimia, tektonik, geodinamika, busur magmatik

Abstract - Mount Muro is located in Purukcahu District of Central Kalimantan and geologically dominated by Late Oligocene-Miocene volcanic rocks. The purpose of this research mainly to understand the geodynamic evolution, including rock type, magmatic suites and tectonic environment during Late Oligocen to Miocene of the research area. Eight samples from that region were collected and prepared for petrographic and geochemistry analyses. Petrography analysis using polarization microscope was carried out for rock classification, whereas XRF and ICP were used mainly to detect the presence of major, trace and rare earth elements. Based on petrographic analyses the eight rock samples studied can be classified into basalt, andesite-basalt and diorite. Cross plot of weight percent SiO_2 versus weight percent $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ revealed that the rocks are differentiated into basalt, andesite-basalt, basalt trachy-andesite to andesite. The weight percent SiO_2 versus weight cross plot percent K_2O demonstrated that rocks samples of the studied area included in calc-alkaline magmatic series. This implies that the rock samples were originally from a convergent plate margin tectonic environment. The existence of Nb through in the spider diagram has been explained in terms of retention of this element in the source during partial melting.

Keywords: petrology, geochemistry, tectonic, geodynamics, magmatic series

PENDAHULUAN

Evolusi geodinamika dan tektonik daerah Gunung Muro, masih menjadi bahan perdebatan di kalangan para ahli ilmu kebumihajaran terutama yang berkaitan dengan evolusi tektonik, evolusi magmatik dan keberadaan mineral ekonomis. Kalimantan merupakan akresi dari ofiolit, busur kepulauan, dan material kontinen ke dalam inti kontinen Paleozoikum (Hamilton, 1979). Pulau ini dilingkupi oleh batuan sedimen Kenozoikum pada cekungan dalam dan sedimen Neogen terdeformasi pada tengah cekungan, namun tidak menghasilkan "thrust sheet".

Lokasi penelitian termasuk ke dalam zona sutur pada Peta Mintakat Regional Asia Tenggara (Hall and Wilson, 2000). Pengetahuan tentang evolusi geodinamika di daerah ini sangat berguna dalam pengembangan bidang sains maupun terapannya dalam eksplorasi.

Latar Belakang

Gunung Muro terletak di Kabupaten Purukcahu, Kalimantan Tengah. Secara geologi, daerah penelitian berada pada perbatasan antara Cekungan Barito dan Cekungan Kutai (Moss dr, 1998) yang merupakan penghasil hidrokarbon. Namun demikian, daerah Gunung Muro dan sekitarnya didominasi oleh batuan terobosan dan batuan gunung api yang berhubungan dengan kegiatan magmatisme Tersier hingga Kuartar (Wahyudiono dan Elhami, 2008).

Lajur batuan terobosan ini menjadi obyek yang sangat menarik untuk diteliti karena keberadaannya yang berhubungan dengan sebaran mineral logam. Menurut Hartono (2012) batuan terobosan Sintang pada umumnya bertekstur porfiritik dengan kristal hipidiomorfik berukuran kasar. Analisis batuan dengan K/Ar terhadap batuan terobosan Sintang menghasilkan umur 30,4 hingga 16,4 atau Oligosen Awal hingga Miosen Tengah.

Lajur magma Oligosen Akhir hingga Miosen Awal di Kalimantan Tengah tersingkap sebagai sisa erosi pusat gunung api andesitik hingga traki-andesitik dan beberapa diantaranya berasosiasi dengan endapan emas (Carlile and Mitchell, 1994).

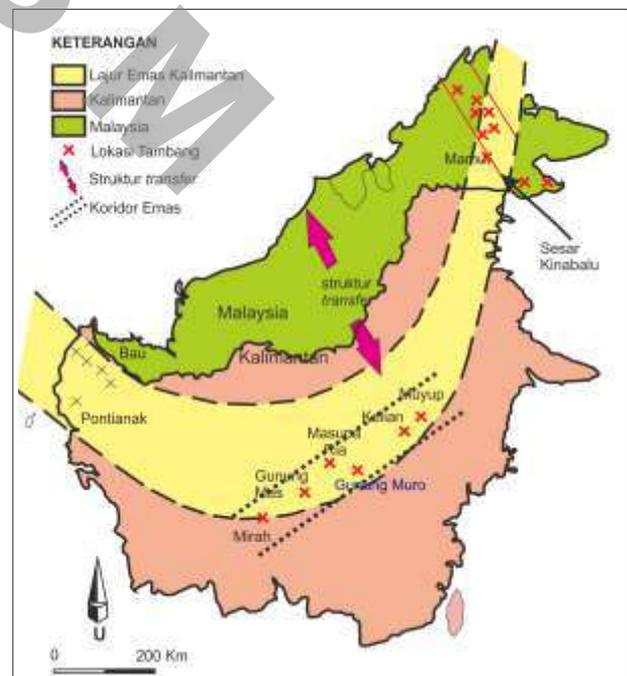
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui evolusi geodinamika, termasuk di dalamnya tipe batuan, seri magma dan lingkungan tektonik pada jaman Oligosen Akhir sampai Miosen di daerah Gunung Muro dan sekitarnya. Untuk memperolehnya diperlukan data geologi, geokimia dan petrologi yang berguna untuk

penafsiran kegiatan magmatisme pada jaman itu. Data yang diperoleh ini dapat digunakan sebagai informasi awal dalam eksplorasi mineral.

Metodologi

Lokasi penelitian terletak di daerah Gunung Muro dan sekitarnya yang dibatasi oleh koordinat $114^{\circ}15' - 114^{\circ}45' \text{ BT}$ dan $00^{\circ}30' - 00^{\circ}45' \text{ LS}$. Secara administrasi, daerah penelitian termasuk ke dalam Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah (Gambar 1, 2 dan 3) dan merupakan bagian dari Peta Geologi skala 1 : 250.000 Lembar Muaratewe (Supriatna dr., 1995).

Kegiatan ini dapat dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahap awal adalah penyediaan peta topografi skala 1 : 50.000 dari BAKOSURTANAL dan peta geologi Lembar Muaratewe skala 1 : 250.000 dari Pusat Survei Geologi. Kegiatan ini dilanjutkan dengan penelitian lapangan selama satu bulan. Pekerjaan lapangan meliputi pengamatan geologi rinci daerah terpilih meliputi pengamatan singkapan secara visual, pengukuran struktur dengan kompas geologi, penentuan lokasi memakai GPS dan pengambilan sampel batuan dengan palu geologi untuk dilakukan analisis kandungan kimia pada batuan tak terubah. Sampel batuan diambil dari Batuan Gunung api Malasan (Tom) dan Batuan Terobosan Sintang (Toms) yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen (Gambar 3).



Sumber : modifikasi dari Moss et.al., (1998)

Gambar 1. Lokasi Gunung Muro secara regional terletak dalam lajur emas Kalimantan. Keterangan : Garis putus-putus berarah timurlaut-baratdaya adalah arah umum batas koridor emas Kalimantan.

Tahap berikutnya adalah analisis petrografi yaitu mendeskripsikan sayatan pipih dengan pengamatan mikroskopik untuk penentuan nama batuan, sedangkan analisis kimiawi dengan menggunakan XRF (*X-ray Fluorescence*) untuk penentuan unsur utama, ICP (*Inductively Coupled Plasma*) untuk mendapatkan kadar unsur jarang dan unsur tanah langka. Data hasil analisis dari ICP dan XRF kemudian diolah dengan “PetroGraph” versi 2 beta tahun 2007, sebuah perangkat lunak yang ditulis oleh Petrelli *et al.* (2005).

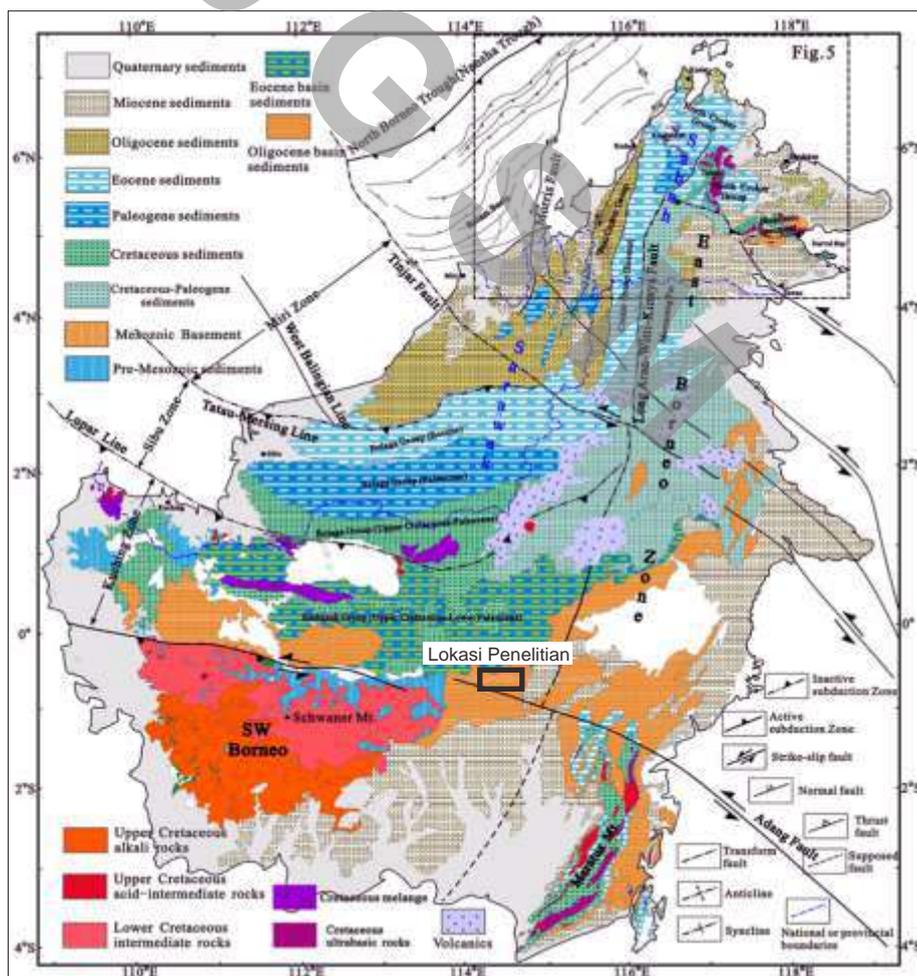
Geologi Regional

Menurut Moss *et al.* (1998) lokasi penelitian terletak pada lajur mineralisasi emas Pulau Kalimantan. Lajur ini melengkung mulai dari Mamut di Malaysia, Muyp, Kelian, Masupa Ria, Gunung Muro, Gunung Mas, Mirah dan Pontianak (Gambar 1). Pada awal Kenozoikum, Kalimantan membentuk Daratan Sunda pada sisi timur Eurasia (Hall, 2009). Beberapa tepian Sunda sudah terangkat sejak Mesozoikum walaupun kemungkinan

morfologinya relatif datar. Lajur gunung api Kalimantan Timur-Tengah tersusun atas batuan gunung api Tersier kalk-alkali (Abidin, 1996). Lajur ini terletak di bagian tepi barat dan utara cekungan sedimen busur muka Barito dan Kutai yang berumur Kenozoikum. Batas utara dan selatannya adalah kompleks tumbukan Kapur hingga Tersier. Bagian baratnya dibatasi oleh komplek batuan dasar Mesozoikum Daratan Sunda. Dalam Soeria-Atmadja dr. (1999) disebutkan bahwa magmatisme di Kalimantan pada umur Oligosen Akhir – Miosen berupa tipe kalk-alkali. Pada kenyataannya, struktur batuan dasar di Kalimantan mempengaruhi tektonik Kenozoikum. Untuk memahami cekungan Kenozoikum diperlukan pengetahuan mengenai sejarah Mesozoikum dan Kenozoikum Awal dari Daratan Sunda yang diterangkan dengan model baru tektonik lempeng (Hall, 2009).

Tektonik dan Struktur Geologi

Berdasarkan peta sebaran batuan dan sesar regional di Pulau Kalimantan (Wang *et al.*, 2016) lokasi penelitian tertetak cekungan sedimen berumur Oligosen (Gambar 2).



Sumber : Wang *et al.*, (2016).

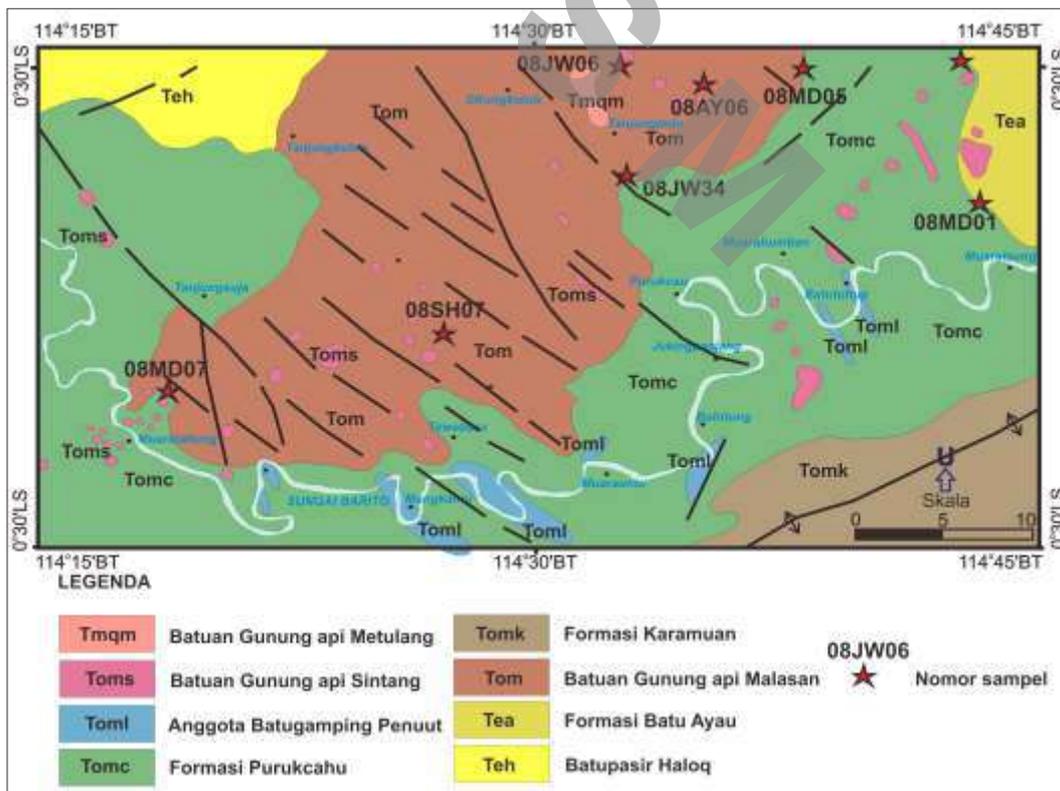
Gambar 2. Peta sebaran batuan dan sesar regional di Pulau Kalimantan. Keterangan : kotak warna hitam adalah lokasi penelitian.

Sesar regional yang terdekat adalah Sesar Mengiri Adang yang berarah barat laut – tenggara (U 285°T - U 105°T) dan Sesar Longaran – Wittu – Kinaya yang berarah timur laut – barat daya (U 25°T - U 205°T).

Geologi Daerah Penelitian

Sesuai Supriatna dr. (1995) formasi batuan yang tersingkap di daerah penelitian dari tua ke muda dijelaskan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Batupasir Haloq (Teh) terdiri atas batupasir kuarsa, sedikit konglomerat dan batulumpur, sedikit batugamping. Formasi ini berumur Eosen Akhir dan terendapkan pada laut dangkal berenergi kuat. Formasi Batu Ayau (Tea) terdiri atas batupasir, batulumpur, batulanau, biasanya karbonan. Secara lokal terdapat sisipan batubara dan lignit. Formasi ini berumur Eosen Akhir dan terendapkan pada lingkungan laut terbuka hingga laut dangkal. Batuan Gunung api Malasan (Tom) berupa leleran lava basal sampai andesit dan sedikit riolit, breksi lahar serta tuf, bersisipan tipis batulempung dan batulanau, terpecahkan dan termineralisasi. Sebagian batuan menunjukkan struktur bantal dan kekar meniang. Formasi Purukcahu (Tomc) tersusun oleh batugamping berfosil, warna kelabu tua, berselingan

dengan batulanau dengan lensa dan lapisan tipis batubara dan batupasir berstruktur laminasi sejajar dan konvolut, bersisipan breksi berfragmen andesit, dasit, genes dan batubara, matriks berupa batupasir kasar mengandung batubara. Batugamping Penuut (Toml) berupa batugamping putih dan kelabu, berbutir sedang dan kasar, kaya dengan foram besar, ganggang dan koral, mengandung glaukonit, sebagian termineralisasi, bersisipan batugamping pasiran berfosil, kokuina dan breksi mengandung fragmen basal dan andesit terubah. Formasi ini terendapkan pada lingkungan laut dangkal. Formasi Karamuan (Tomk) terdiri atas batulumpur abu-abu sebagian gampingan dan berfosil, batupasir kuarsa berlapis baik, batulanau abu-abu, batulanau tufan abu-abu kehijauan, bersisipan batugamping berfosil, batubara dan batulanau karbonan. Formasi ini terendapkan pada lingkungan pengendapan laut dangkal hingga paparan luar. Formasi Sintang (Toms) tersusun oleh terobosan andesit dan diorit, setempat berupa sumbat, stok, retas dan retas lempeng berkomposisi dasit. Batuan Gunung api Metulang (Tmqm) terdiri atas andesit, basal, lava, breksi lava, tuf, aglomerat, breksi lahar andesitik-basaltik. Batuan termuda yang ditemukan berupa konglomerat yang terdiri atas aluvium dan batuan rombakan.



Sumber : Supriatna (1995).

Gambar 3. Peta geologi daerah penelitian yang merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Purukcahu, Kalimantan Barat. Keterangan : tanda bintang adalah lokasi pengambilan sampel batuan.

MASA	ZAMAN	KALA	UMUR (juta th)	Endapan Permukaan	Batuan sedimen	Keterangan	
KENOZOIKUM	KUARTER	HOLOSEN	0,01				
		PLISTOSEN					
	TERSIER	PLIOSEN		1,6		Tmqm	Tmqm : andesit, basal, lava, breksi lava, tuf, aglomerat, breksi lahar bersusunan andesit - basal
				5,3			Toms : andesit, dolerit dan mikro-dionit, setempat dasit berupa sumbat, stok dan retas
		MIOSEN	Akhir	11,2			Tomk : batupasir, batulumpur, batulanau, umumnya karbonan, setempat ditemukan sisipan batu-bara dan lignit
			Tengah	16,6			Tomc : batugamping berfosil, kelabu tua, berselingan dengan batulanau mengandung lensa kecil dan lapisan batubara vitrinlit dan batupasir
			Awal	23,7			Toml : batugamping putih dan kelabu, berbutir sedang dan kasar, kaya akan foram besar, ganggang dan koral, mengandung glaukonit
		OLIGOSEN	Akhir	30			Tom : teleran andesit sampai basal, breksi dan lahar, tuf dan sedikit riolit, bersisipan tipis batulempung dan batulanau
			Awal	36,6			Tea : batupasir, batulumpur, batu-lanau, pada umumnya karbonan, setempat ditemukan sisipan batu-bara dan lignit
		EOSEN	Akhir	40			
			Tengah	52			
			Akhir	57			Teh : batupasir kuarsa, sedikit konglomerat dan batulumpur, jarang batugamping, berlapis

Sumber : Supriatna (1995).

Gambar 4. Kolom stratigrafi daerah penelitian dengan keterangan batuan dan serta umur formasinya.

Wilayah Gunung Muro dan sekitarnya mempunyai potensi sumber daya mineral emas karena merupakan kelanjutan dari Lajur Masuparia – Kelian – Busang yang memanjang arah timur laut - barat daya (Carlile and Mitchel, 1994), (Abidin, 1996), (Wahyudiono dan Elhami, 2008).

Kegiatan magmatisme selama Oligosen Akhir– Miosen (Abidin, 1996; Soeria-Atmadja, dr., 1999) di wilayah sekitar Gunung Muro telah menghasilkan endapan emas tipe epitermal dengan cadangan yang cukup besar. Penambangan di daerah ini dilakukan oleh sebuah perusahaan swasta asing yaitu *Strait Minerals* dan sebagian dilakukan oleh penduduk setempat. Secara regional wilayah ini termasuk di dalam koridor emas Kalimantan yang berarah timurlaut-baratdaya (Wahyudiono dan Elhami, 2008; Abidin, 1996, Carlile and Mitchel, 1994). Lajur magmatisme regional (Wahyudiono dan Elhami, 2008; Abidin, 1996, Pollard, 2008) memanjang dari barat ke arah timur dan selanjutnya membelok ke Kalimantan Timur laut hingga wilayah Sabah. Lajur mineralisasi ini bahkan memanjang sampai wilayah Ruwai di Kalimantan Tengah (Idrus dr., 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan petrografi pada sampel nomor 08MD 05 (Gambar 5a) menunjukkan batuan andesit basal, berwarna abu-abu pucat kecoklatan berbintik hitam. Plagioklas berbentuk jarum dan batang-batang halus

berukuran antara 0,04 mm sampai 0,40 mm dengan kedudukan terarah, relatif sejajar atau pilotaksitik dengan jenis oligoklas – labradorit. Piroksen berbentuk butiran anhedral atau granular dengan batang-batang halus yang terarah mengikuti arah plagioklas, ukuran butiran antara 0,01 mm hingga 0,25 mm. Gelas berwarna coklat, isotrop, dan tersebar di antara kristal plagioklas dan piroksen. Oksidan besi, magnesium dan titanium berwarna hitam, opak, berukuran antara 0,01 mm hingga 0,15 mm tersebar di antara mineral plagioklas dan piroksen. Batuan tampak berongga miarolitik (berbentuk rongga tak beraturan) berukuran antara 0,05 mm hingga 5,00 mm.

Berdasarkan pengamatan petrografi, sampel nomor 08JW 06 (Gambar 5b) adalah andesit-basal, berwarna kelabu pucat – hitam. Pada sayatan tipis nampak bahwa fenokris piroksen berbentuk batang-batang dan pelat-pelat berukuran antara >0,25 mm sampai 1,25 mm yang hanya terlihat dari jejaknya karena umumnya terubah sebagian atau sepenuhnya oleh magnetit selama proses kristalisasi. Masadasar piroksen berbentuk butiran dengan pelat-pelat berukuran antara 0,01 mm –hingga 0,25 mm, tersebar di antara masadasar felspar yang umumnya berbentuk batang-batang berukuran antara 0,10 mm sampai 0,30 mm dan terarah sejajar (pilotaksitik). Felspar berkomposisi umumnya oligoklas, andesin dan labradorit. Oksida besi, magnesium dan titanium berwarna hitam tersebar sebagai masa dasar berukuran antara 0,01 mm hingga 0,05 mm.

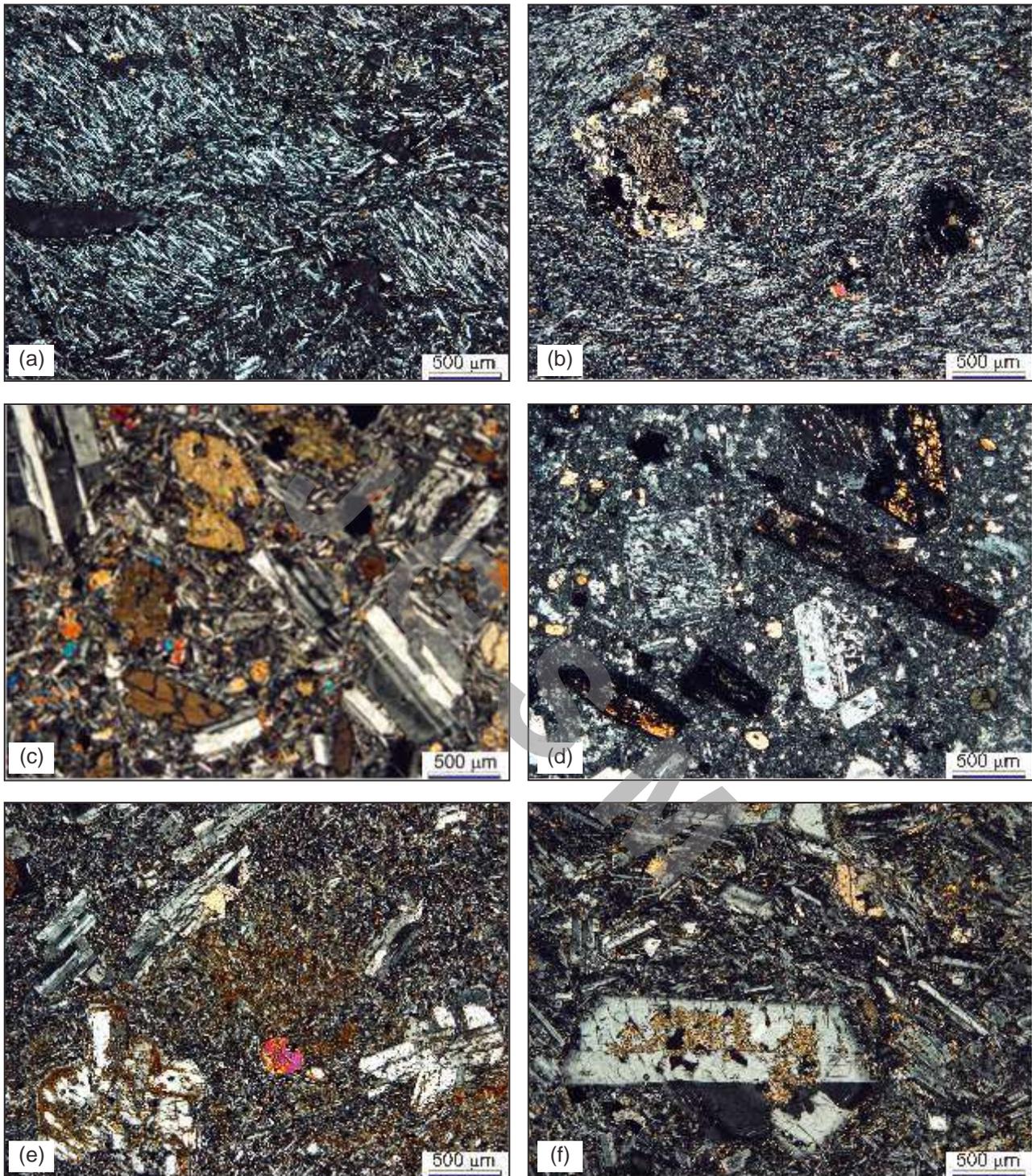
Pemeriksaan dengan mikroskop polarisasi sampel nomor 08AY 06 (Gambar 5c) berupa andesit-basal, berwarna hijau pucat kehitaman. Sayatan tipis menunjukkan bahwa plagioklas tersebar sebagai masa dasar berbentuk batang-batang dan pelat-pelat berukuran antara 0,02 mm sampai 0,25 mm. Fenokris berbentuk batang-batang dan plat-plat berukuran > 0,25 mm hingga 2,50 mm sebagian telah berubah terutama di bagian tengah kristal menjadi klorit, jenisnya adalah oligoklas hingga labradorit. Piroksen tersebar sebagai masadasar berbentuk butiran anhedral/ atau granular dan pelat-pelat berukuran antara 0,02 mm hingga 0,25 mm dan fenokris dengan bentuk yang sama berukuran > 0,25 mm sampai 2,50 mm. Masadasar maupun fenokris sebagian telah diganti oleh klorit dan kuarsa. Beberapa individu tampak sebagai *chlorite pseudomorphs after olivine* yaitu beberapa fenokris piroksen tampak saling melingkupi. Oksida besi, magnesium dan titanium berwarna hitam, opak, tersebar di dalam masadasar, berukuran antara 0,02 mm hingga 0,30 mm.

Sayatan tipis sampel nomor 08SH 07 (Gambar 5d) berupa dasit, berwarna campuran coklat pucat, hijau dan hitam. Plagioklas tersebar sebagai fenokris dan masadasar berbentuk anhedral atau granular pada masadasar dan berbentuk batang pipih, lamellar, tabular pada masadasar dan fenokris, berukuran antara 0,02 mm sampai 2,60 mm, dari jenis oligoklas hingga andesin dan sedikit labradorit. Piroksen tersebar sebagai fenokris dan masadasar berbentuk butiran anhedral atau granular, pelat dan segi delapan (*euhedral*) berukuran antara 0,02 mm hingga 3,00 mm, kecuali sejumlah kecil piroksen tampak mengalami rekristalisasi dan diganti secara paruhan oleh mineral oksida bijih besi, magnesium dan titanium. Sebagian piroksen tumbuh bersama berkelompok dan bersama dengan plagioklas dan hornblende. Hornblende tersebar sebagai fenokris dan masa dasar berbentuk butiran anhedral, granular, pelat, dan segi enam (*euhedral*). Umumnya *hornblende* tampak berstruktur rim margin, diganti separuh atau penuh oleh mineral bijih oksida besi, magnesium dan titanium serta mengalami rekristalisasi, berukuran antara 0,10 mm hingga 3,00 mm. Kuarsa hanya sebagai fenokris yang umumnya berstruktur embayment berukuran antara 0,25 mm sampai 1,50 mm. Oksida besi, magnesium dan titanium berwarna hitam, opak, tersebar merata, berukuran antara 0,01 mm sampai 0,50 mm, sebagian besar adalah pengganti piroksen dan *hornblende*. Apatit terdapat sebagai inklusi di dalam hornblende, dan zirkon tertanam di dalam masadasar, berukuran antara 0,05

mm hingga 0,20 mm. Ilit dan kaolinit tampak sebagai hasil devitrifikasi dari masa dasar gelas dan plagioklas, sedangkan klorit dan zeolit tampak sebagai pengisi rongga pada batuan.

Hasil pengamatan petrografi pada sampel nomor 08MD 07 (Gambar 5e) berupa andesit-basal berwarna hijau pucat kehitaman. Plagioklas tersebar sebagai masa dasar berbentuk jarum dan batang berukuran antara 0,02 mm hingga 0,20 mm, dan fenokris berbentuk pelat-pelat tabular berukuran antara > 0,20 mm sampai 3,50 mm, sebagian tampak teralterasi paruhan menjadi klorit dan kuarsa terutama pada bagian tengah kristal, dan ada pula yang teralterasi sempurna bahkan digantikan oleh klorit, karbonat, dan kuarsa, sedangkan jenisnya terdiri atas oligoklas hingga labradorit. Piroksen tersebar sebagai masa dasar berbentuk butiran anhedral atau granular dan batang berukuran antara 0,02 mm hingga 0,20 mm. Sebagian piroksen tampak berubah paruhan menjadi klorit, dan fenokris berbentuk plat-plat berukuran antara > 0,20 mm sampai 0,75 mm dan tersebar dalam jumlah sedikit. Oksida besi, magnesium dan titanium tersebar merata sebagai masadasar, warna hitam, opak, berukuran antara 0,02 mm sampai 0,05 mm dan jarang ada yang berukuran 0,20 mm.

Pada pengamatan petrografi pada sampel nomor 08BA 09 (Gambar 5f) ditentukan batuanannya adalah andesit-basal, berwarna campuran hijau pucat dan bintik-bintik hitam. Fenokris plagioklas berbentuk *bladed, tabular* dan *lamellar* berukuran antara 0,50 mm hingga 2,50 mm. Sebagian fenokris tampak digantikan oleh klorit dan karbonat terutama di bagian tengah. Fenokris piroksen berbentuk butiran *anhedral* atau granular dan pelat berukuran > 0,20 mm sampai 0,60 mm. Fenokris K-felspar berbentuk butiran *anhedral* berukuran antara > 0,20 mm hingga 0,60 mm dan tampak tumbuh di antara fenokris plagioklas. Masadasar piroksen berbentuk batang-batang berukuran antara > 0,05 mm sampai 0,60 mm. Masadasar piroksen berbentuk butiran anhedral atau granular dan batang-batang halus berukuran antara 0,02 mm sampai 0,20 mm tersebar di antara plagioklas yang sebagian besar telah diganti separuh atau seluruhnya oleh klorit. Masadasar K-felspar berbentuk butiran anhedral berukuran antara 0,02 mm hingga 0,20 mm dan tumbuh di antara mineral lainnya. Oksida besi, magnesium dan titanium berwarna hitam, opak, berukuran antara 0,02 mm sampai 0,20 mm tersebar sebagai masadasar di antara mineral lainnya. Plagioklasnya baik sebagai fenokris maupun masadasar terdiri atas oligoklas hingga bitonit.



Gambar 5. Mikrofoto sampel 08MD 05 yang berupa batuan andesit - basal bertekstur trakitik-pilotaksitik (a), mikrofoto sampel 08JW 06 yang berupa batuan andesit - basal bertekstur pilotaksitik (b), mikrofoto sampel 08AY 06 yang berupa batuan andesit - basal (c), mikrofoto sampel 08SH 07 yang berupa batuan dasit teralterasi lemah (d), mikrofoto sampel 08 MD 07 yang berupa batuan basal teralterasi lemah (e), mikrofoto sampel 08 BA 09 yang berupa batuan andesit - basal teralterasi lemah (f).

Tabel 1. Kandungan unsur utama pada batuan dalam persen berat pada sampel batuan daerah Gunung Muro dan sekitarnya

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
08JW 34	52.12	1.13	19.11	7.85	8.18	0.22	8.54	5.20	3.66	1.65	0.52
08 MD 01	52.78	0.70	20.54	6.81	7.20	0.13	7.99	6.15	3.98	0.73	0.18
08AY 06	53.86	0.62	18.31	7.01	7.46	0.13	8.59	7.19	3.25	0.89	0.13
08 MD 07	54.57	0.99	20.40	7.48	8.02	0.20	2.94	8.05	3.88	1.27	0.22
08JW 06	55.44	1.12	19.37	6.03	6.55	0.10	7.35	3.94	4.86	1.15	0.63
08BA 09	56.44	0.64	20.71	6.99	7.45	0.24	2.90	7.18	3.76	0.85	0.30
08MD 05	59.39	0.67	21.96	5.16	5.31	0.10	2.70	2.70	5.37	1.38	0.58
08SH 07	60.51	0.58	18.12	5.86	6.12	0.16	5.06	3.53	4.08	1.94	0.17

Keterangan **O8** Tahun pengambilan sampel
JW Inisial pengambil sampel
06 Nomor urut sampel

Data kandungan unsur utama sampel batuan dari daerah Gunung Muro dan sekitarnya ditampilkan pada Tabel 1. Unsur utama ditampilkan dalam bentuk oksida. Tabel 2 (unsur jejak) dan Tabel 3 (unsur tanah langka) ditampilkan dalam satuan gram per ton (*part per millon*).

Hasil perajahan data dengan perangkat lunak Petrograph (Petrelli dr., 2005) dari Tabel 1 berupa grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6. Ke delapan sampel batuan tersebut termasuk dalam klasifikasi basal, andesit-basal, basal traki-andesit sampai andesit. Hasil ini bersesuaian dengan hasil pengamatan petrografi yang menunjukkan bahwa sampel batuan di daerah telitian termasuk ke dalam batuan berkomposisi basal, andesit-basal, basal sampai diorit (Williams dr., 1982) seperti ditunjukkan pada Gambar 5a sampai Gambar 5f.

Berdasarkan perbandingan persen berat antara SiO₂ terhadap K₂O pada sampel batuan yang diteliti, sebagai sebagian besar termasuk dalam seri magma kalk-alkali sehingga ditafsirkan berasal dari lingkungan tektonik konvergen tepian benua (Wilson, 1991). Hasil hasil perajahan data dengan perangkat lunak Petrograph (Petrelli, 2005) ditampilkan pada Gambar 7. Pada diagram laba-laba Gambar 8 ditunjukkan penurunan yang sangat menyolok pada unsur Nb yang menunjukkan betapa kuatnya unsur ini bertahan pada sumbernya saat terjadi peleburan sebagian (Wilson, 1991). Pola grafik yang demikian ini mencerminkan seri magma kalk-alkali (Wilson, 1991). Sedangkan grafik unsur tanah jarang pada Gambar 9 secara umum menunjukkan pola pengayaan pada unsur tanah jarang yang ringan.

Tabel 2. Kandungan unsur jejak pada batuan (gram/ton) untuk sampel batuan daerah Gunung Muro dan sekitarnya

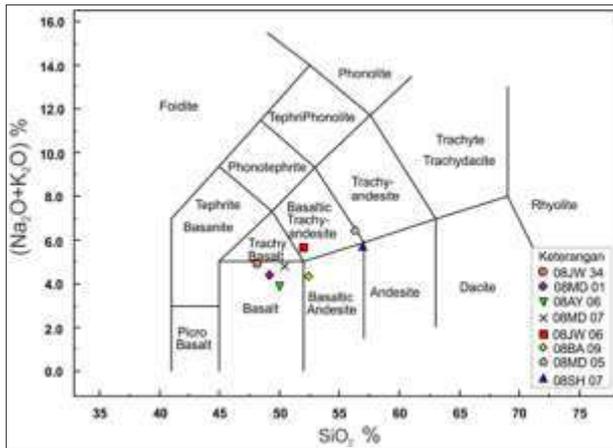
No. conto	Sc	V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba
08JW 06	12.23	171.58	46.47	16.80	17.78	17.60	1092.24	13.89	134.92	2.27	6.31	301.67
08JW 34	18.49	192.97	138.11	25.79	72.74	55.15	766.49	13.52	69.59	1.99	6.19	281.80
08BA 09	9.51	77.95	13.09	9.16	17.26	14.23	534.85	18.71	70.23	2.69	5.90	193.75
08AY 06	24.32	166.82	227.29	23.80	108.32	21.27	268.20	14.53	69.97	1.41	5.80	162.13
09SH 07	16.28	153.23	37.14	15.61	2.68	39.29	480.82	13.29	55.81	2.90	3.37	315.39
08 MD 01	23.31	175.77	145.31	24.68	92.61	19.93	471.61	15.79	60.72	1.50	1.52	193.50
09MD 05	8.25	87.85	33.68	10.35	16.12	22.26	1208.69	11.30	161.57	7.17	5.07	339.21
08 MD 07	24.97	235.81	14.61	19.76	0.01	28.98	377.13	32.40	122.28	2.24	1.53	208.78

Keterangan Sc Scandium Co Cobalt Sr Strontium Nb Niobium
 Y Yttrium Zr Zirkonium Cs Cesium
 Cr Chromium Rb Rubidium Ba Barium

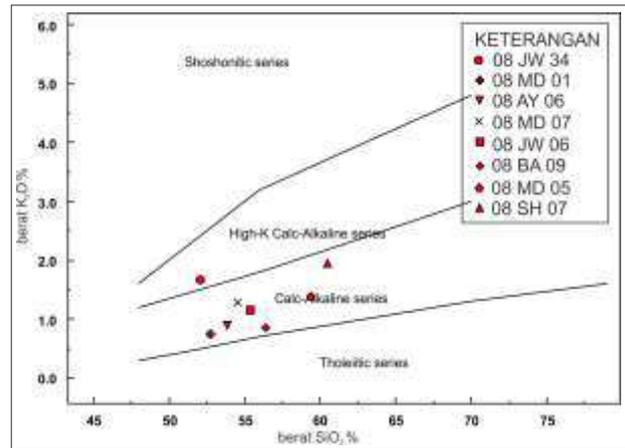
Tabel 3. Kandungan unsur tanah jarang (gram/ton) untuk sampel batuan daerah Gunung Muro dan sekitarnya

No. sampel	Unsur Tanah Jarang													
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
08JW 06	27.45	60.50	7.89	30.16	6.06	2.51	4.53	0.64	3.03	0.52	1.21	0.17	1.02	0.14
08JW 34	25.42	59.10	7.83	30.02	6.70	2.54	4.71	0.68	3.14	0.53	1.29	0.17	1.02	0.14
08BA 09	10.72	24.20	3.50	14.63	3.75	1.80	3.38	0.61	3.69	0.72	1.89	0.28	1.79	0.26
08AY 06	6.95	15.39	2.11	8.80	2.71	1.10	2.29	0.48	2.76	0.58	1.45	0.22	1.35	0.20
08SH 07	13.42	27.16	3.40	13.09	2.99	1.41	2.64	0.42	2.58	0.52	1.31	0.19	1.30	0.19
08 MD 01	10.42	22.74	3.16	12.39	3.45	1.54	3.00	0.54	3.18	0.62	1.59	0.24	1.53	0.21
08MD 05	30.20	64.70	7.95	28.07	5.35	2.19	4.10	0.55	2.55	0.45	1.07	0.16	0.89	0.14
08 MD 07	12.57	28.99	4.23	17.31	5.24	2.16	4.94	0.97	6.10	1.26	3.27	0.54	3.33	0.51

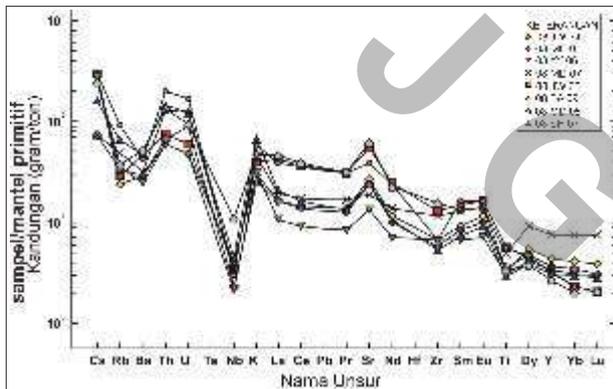
Keterangan La Lanthanum Nb Neodymium Gd Gadolinium Ho Holmium Yb Ytterbium
 Ce Cerium Sm Samarium Tb Terbium Er Erbium Lu Lutetium
 Pr Promethium Er Erbium Dy Dysprosium Tm Thulium



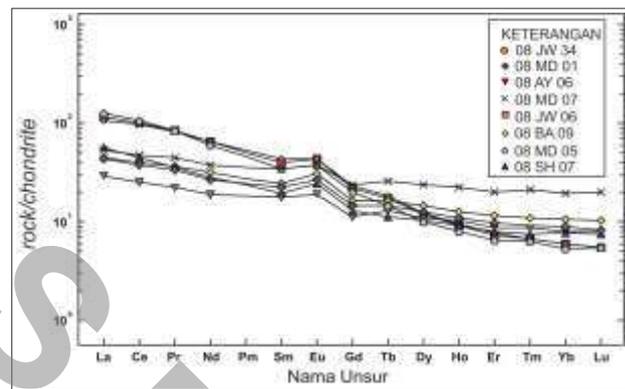
Gambar 6. Gambar grafik pengeplotan dari persen berat SiO₂ terhadap persen berat (Na₂O + K₂O). Menurut klasifikasi (Le Bas *et.al.*, 1986) sampel batuan tersebut tergolong sebagai basalt, andesit-basalt, basalt traki-andesit dan andesit.



Gambar 7. Berdasarkan perbandingan persen berat antara SiO₂ terhadap K₂O sampel batuan yang diteliti termasuk dalam seri magma kalk-alkali (Peccerillo dan Taylor, 1976).



Gambar 8. Diagram laba-laba yang menunjukkan kandungan unsur jarang dan unsur tanah langka sampel batuan daerah Gunung Muro dan sekitarnya. Pada unsur Nb nampak terjadi penurunan yang sangat besar dibandingkan unsur lainnya.



Gambar 9. Grafik pengeplotan unsur tanah langka sampel batuan dari daerah Gunung Muro dan sekitarnya.

Hal ini ditunjukkan dengan gambar grafik yang relatif menurun dari kiri (unsur tanah jarang ringan) ke arah kanan (unsur tanah jarang berat) yang menjadi ciri seri magma kalk-alkali (Wilson, 1991).

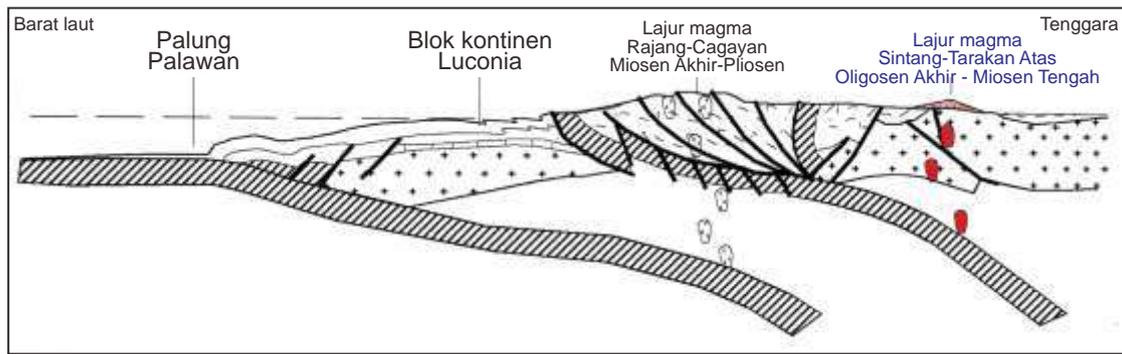
DISKUSI

Hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa batuan berkomposisi andesit – basalt didominasi oleh piroksen dan plagioklas, sedangkan batuan bekomposisi dasit didominasi oleh piroksen, hornblende dan plagioklas.

Contoh batuan dari daerah Gunung Muro (Tabel 1) mempunyai kadar SiO₂ yang cukup tinggi (52,1% hingga 60.5%) mencirikan bahwa batumannya relatif

segar. Pada diagram laba-laba nampak penurunan unsur Rb, Ba, Nb, Zr dan Ti yang ditafsirkan sebagai seri magma kalk-alkali dan berhubungan dengan subduksi.

Menurut Soeria-Atmadja dr. (1996) kolisi antara Blok Kontinen Luconia dengan tepian utara Daratan Sunda terjadi pada Oligosen Tengah. Sutura Lumar yang terbentuk ditandai dengan kehadiran batuan ofiolit. Pada Oligosen Akhir hingga Miosen Tengah (Gambar 10) terjadi aktifitas magmatisme subduksi yang menumpuk pada lajur magmatik Eosen. Daerah Gunung Muro termasuk pada lajur ini magma Sintang –Tarakan Atas dan memanjang dari Sintang, Masuparia, Gunung Muro, Kelian, Muyup, Busang hingga Muara Wahau.



Gambar 10. Model penampang lajur magmatik Kalimantan selama Oligosen Akhir – Miosen Tengah dan Miosen Akhir – Pliosen (Modifikasi Soeria-Atmadja, *et.al.*, 1999). Lokasi penelitian termasuk ke dalam lajur magma Sintang-Tarakan Atas berumur Oligosen Akhir-Miosen Tengah.

KESIMPULAN

Sampel batuan dari Gunung Muro secara petrografi termasuk ke dalam batuan berkomposisi basal, andesit-basalt, andesit sampai diorit. Hasil tersebut bersesuaian dengan grafik perbandingan persen berat SiO_2 terhadap $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ yang menunjukkan sampel batuan tersebut tergolong sebagai basal, andesit-basalt, basal traki-andesit sampai andesit. Berdasarkan perbandingan persen berat antara SiO_2 terhadap K_2O batuan yang diteliti termasuk dalam seri magma kalk-alkali sehingga ditafsirkan berasal dari lingkungan subduksi. Hal ini diperkuat oleh adanya pengayaan unsur tanah jarang

ringan pada grafik plot unsur tanah jarang terhadap kadarnya. Berdasarkan plot diagram laba-laba, terjadi penurunan menukik pada unsur Nb sehingga ditafsirkan berasal dari lingkungan busur gunung api pada tepi benua aktif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan sebesar-besarnya kepada Manajemen Pusat Survei Geologi, Prof. Bhakti Harahap, M.Sc. atas diskusinya, Bapak Ir. Baharuddin, Grad. Dipl, untuk saran-sarannya dan teman-teman Tim Gunung Muro atas kerjasamanya.

ACUAN

- Abidin, H.Z., 1996. The Tectonic History and Mineral Deposits of The East-Central Kalimantan Volcanic Belt, Indonesia: A Comparative Study of The Kelian Muyup and Masuparia Gold Deposits, Ph.D. Thesis, Department of Geology and Geophysics, Faculty of Geoscience, The University of Adelaide, Australia.
- Carlile, J.C. and Mitchell, A.H.G., 1994. Magmatic arcs and gold-copper mineralisation in Indonesia, In: van Leeuwen, T.M., Hedenquist, J.W., James, L.P. and Dow, J.A.S. (Eds.), Mineral Deposits of Indonesia- Discoveries of the past 25 years. Eds. *Journal of Geochemical Exploration, Special issue*, 50: 91-142.
- Hartono, U., 2012. *Magmatism in Kalimantan*. Special Publication. Centre for Geological Survey. Bandung. 152p.
- Hall, R., and Blundell, D., 1996. *Tectonic of Southeast Asia*, Geological Society of London. Special Publication, No. 106, pp. 153-184.
- Hall, R., 2009. Sundaland: Basement Character, Structure and Tectonics Development, *IPA Proceedings*, 2009.
- Hall, R., and Wilson, M.E.J., 2000. Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18. 781-808.
- Hall, R. and Sevastjanova, I., 2012. Australian crust in Indonesia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 59. 827-844.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian region*. United States Geological Survey, Professional Paper, 1078.
- Idrus, A., Setijadji, L.D. dan Thamba, F., 2011. Geology and Characteristics of Pb-Zn-Cu-Ag Skarn Deposit at Ruwai, Lamandau, Central Kalimantan. *Jurnal Geologi Indonesia*. V.6, No.4: 191-201.

- Moss, S.J., Carter, A., Baker, S. and Hurford, A.J., 1998. A Late Oligocene tectono-Volcanic event in East Kalimantan and the implications for tectonics and sedimentation in Borneo. *Journal of the Geological Society*, v.155, 177–192.
- Petrelli, M., Poli G., Perugini, D. and Peccerillo, A., 2005. Petrograph: a New Software to Visualize, Model, and Present Geochemical Data in Igneous Petrology, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, Vol. 6, Q07011, DOI 10.1029/2005GC000932, 26 July 2005
- Pollard J.P., 2008. *Copper potential of the Kalimantan Surya Kencana Contract of Work, Central Kalimantan, Indonesia*. www.kalimantan.com/i/pdf/2009-11-11_NR.pdf, diakses tanggal 20 Februari 2008.
- Soeria-Atmadja, R., Noeradi, D. and Priadi, B., 1999. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution. *J. Asian Earth Sci.* 17: 25-45.
- Supriatna, S., Sudradjat, A. Dan Abidin, H.Z., 1995. *Peta Geologi Lembar Muaratewe, Kalimantan skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Wahyudiono, J. dan Elhami, Y., 2008. Laporan Akhir Penelitian Petrologi dan Geokimia Batuan Gunung Api Tersier-Kuarter Daerah Gunung Muro Kalimantan Tengah. Laporan internal Pusat Survei Geologi, Bandung (tidak terbit).
- Wang, P.C., Li, S.Z., Guo, L.L., Jiang, S.H., Somerville, I.D., Zao, S.J., Zhu, B.D., Chen, L.M., Dai, L.M., and Han, B., 2016. Mesozoic and Cenozoic accretionary orogenic processes in Borneo and their mechanism. *Geological Journal*, 51 (S1), 464-489.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C.M., 1982. *Petrography: An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections*. Freeman, San Francisco, 416p.
- Wilson M., 1991. *Igneous Petrogenesis*. Harper Collins Academic, London, 466p.