

# PETROLOGI DAN GEOKIMIA BATUAN DASIT KOMPLEK MÉLANGE LUK ULO

## *PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL OF DACITIC ROCKS OF THE LUK ULO MÉLANGE COMPLEX*

**Isyqi, Chusni Ansori, Defry Hastria, Fitriany Amalia Wardhani, Mohammad Al' Afif, Edi Hidayat, dan Eko Puswanto**

Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI.

**ABSTRAK** Kompleks Mélange Luk Ulo (KMLU) disusun berbagai macam bongkah batuan yang tercampur secara tektonik dalam masa dasar lempung hitam, salah satu bongkah batumannya adalah dasit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik petrologi dan geokimia batuan dasit KMLU untuk mengetahui lingkungan tektonik dan sejarah pembentukannya. Metode yang digunakan antara lain adalah analisis petrografi, analisis unsur utama menggunakan *fusion inductively coupled plasma*, analisis unsur jejak dan unsur tanah jarang menggunakan *inductively coupled plasma mass spectrometry*, serta analisis umur absolut menggunakan metode K-Ar. Dasit KMLU memiliki tekstur porfiritik, disusun fenokris kuarsa, plagioklas, dan feldspar alkali tertanam dalam masa dasar mikrokristalin kuarsa dan mikrokristalin biotit. Kandungan unsur SiO<sub>2</sub> yang tinggi (66,56-71,64%) dan K<sub>2</sub>O yang rendah (0,41-1,27%) menunjukkan batuan memiliki afinitas magma toleit. Unsur *low ionic potential* pada Dasit KMLU mengalami

pengkayaan relatif terhadap MORB sebanyak 2-8 kali sedangkan unsur-unsur *high ionic potential* lebih rendah dibandingkan MORB, mengindikasikan batuan terbentuk pada tatanan tektonik busur kepulauan. Pengkayaan unsur tanah jarang ringan sebesar 3 - 9 kali dibandingkan kondrit yang disertai pola pengurangan (*depletion*) berangsur-angsur dari unsur La hingga Eu juga mengindikasikan tatanan tektonik busur kepulauan. Pengukuran umur absolut menunjukkan kisaran 65-48 juta tahun lalu, menunjukkan bahwa Dasit KMLU terbentuk dari magmatisme busur kepulauan pada masa Kapur akhir-Eosen Awal.

**Kata Kunci:** Mélange, Luk Ulo, Geokimia, Dasit, Toleit.

**ABSTRACT** *The Luk Ulo Mélange Complex (KMLU) is an assemblage of various blocks of rock that are mixed tectonically and blanked by scaly clay matrix, in which one of blocks is dacite. This research aims to determine petrological and geochemical characteristics of dacite in order to define its tectonic environments and formation history. The methods used in this research were petrography analysis, geochemical analysis including major elements using fusion inductively coupled plasma (fus ICP), trace and rare earth elements using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and K-Ar dating method. The dacite has a porphyritic texture composed of quartz, plagioclase, and alkali feldspar phenocrysts in microcrystalline biotite and quartz matrix. The high SiO<sub>2</sub> content (66.56 - 71.64%) and low K<sub>2</sub>O content (0.41 - 1.27%) indicating tholeiitic magma affinity source. The low ionic potential elements such as Sr, K, Rb, Ba dan Th in this rock have been enriched 2 - 8 times compared to MORB, whereas the high ionic potential elements of Ta, Nb, Ce, P, Zr, Hf, Sm, Ti, Y dan Yb*

---

Naskah masuk : 28 Mei 2018  
Naskah direvisi : 22 Oktober 2018  
Naskah diterima : 8 Februari 2019

---

Isyqi  
Jl. Karangsembung KM.19, Kebumen  
Email : isyqi@karangsembung.lipi.go.id

*are lower compared MORB suggest an island arc character. Enrichment of light rare earth elements (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm and Eu) is 3 - 9 times compared to chondrit accompanied by gradual depletion pattern of La to Eu elements also indicating an island arc environment. K-Ar dating analysis shows a range of 65 - 48 Mya or during the Late Cretaceous – Early Eocene. It is concluded that the dacite of the Luk Ulo Complex was formed in an island arc tectonic setting during the Late Cretaceous – Early Eocene.*

**Keywords:** *Mélange, Luk Ulo, Geochemistry, Dacite, Tholeiitic*

## PENDAHULUAN

Kompleks Mélange Luk Ulo (KMLU) merupakan kumpulan batuan berumur Pra-tercier yang terletak di Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung, Kabupaten Kebumen. Menurut Asikin (1992), KMLU disusun oleh berbagai macam bongkah batuan yang tercampur secara tektonik dalam masa dasar lempung hitam atau lempung bersisik. Bongkah batuan sebagai bagian dari Kompleks Mélange Luk Ulo yang sering diteliti adalah batuan mafik – ultramafik (Suparka, 1988), batuan pelagis – hemipelagis (Wakita et al., 1994), serta batuan metamorf (Miyazaki et al., 1998; Kadarusman et al., 2007; Setiawan, 2013; Soesilo, 2015). Salah satu jenis bongkah di dalam KMLU yang menjadi objek penelitian dalam makalah ini adalah batuan dasit.

Dasit sebagai salah satu bongkah atau blok di KMLU adalah batuan beku asam berwarna terang (*leucocratic*), berbutir halus yang terdiri dari mineral Na – plagioklas dan kuarsa (Gill, 2010). Dasit merupakan batuan vulkanik yang dapat terbentuk di berbagai posisi tektonik, baik di lempeng kontinen atau pada busur kepulauan (Stefan, 1996). Selain ditemukan di daerah penelitian, dasit juga ditemukan di daerah Purworejo, umumnya berwarna abu-abu, memiliki tekstur porfiroafanitik, secara umum tersusun atas kuarsa, plagioklas serta hornblenda (Pratama et al., 2017). Di daerah Kulonprogo dasit berwarna abu-abu keputihan, bertekstur inequigranular serta porfiritik, tersusun atas fenokris plagioklas, K-felspar, biotit, kuarsa, hornblenda, yang tertanam pada masa dasar mikrolit plagioklas dan gelas vulkanik (Harjanto, 2011). Dasit Kulonprogo berasal dari lingkungan tektonik transisional antara busur kepulauan dengan tepian benua aktif dengan afinitas magma seri kalk alkali (Harjanto,

2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik petrologi dan geokimia batuan dasit Kompleks Mélange Luk Ulo serta lingkungan dan sejarah pembentukannya.

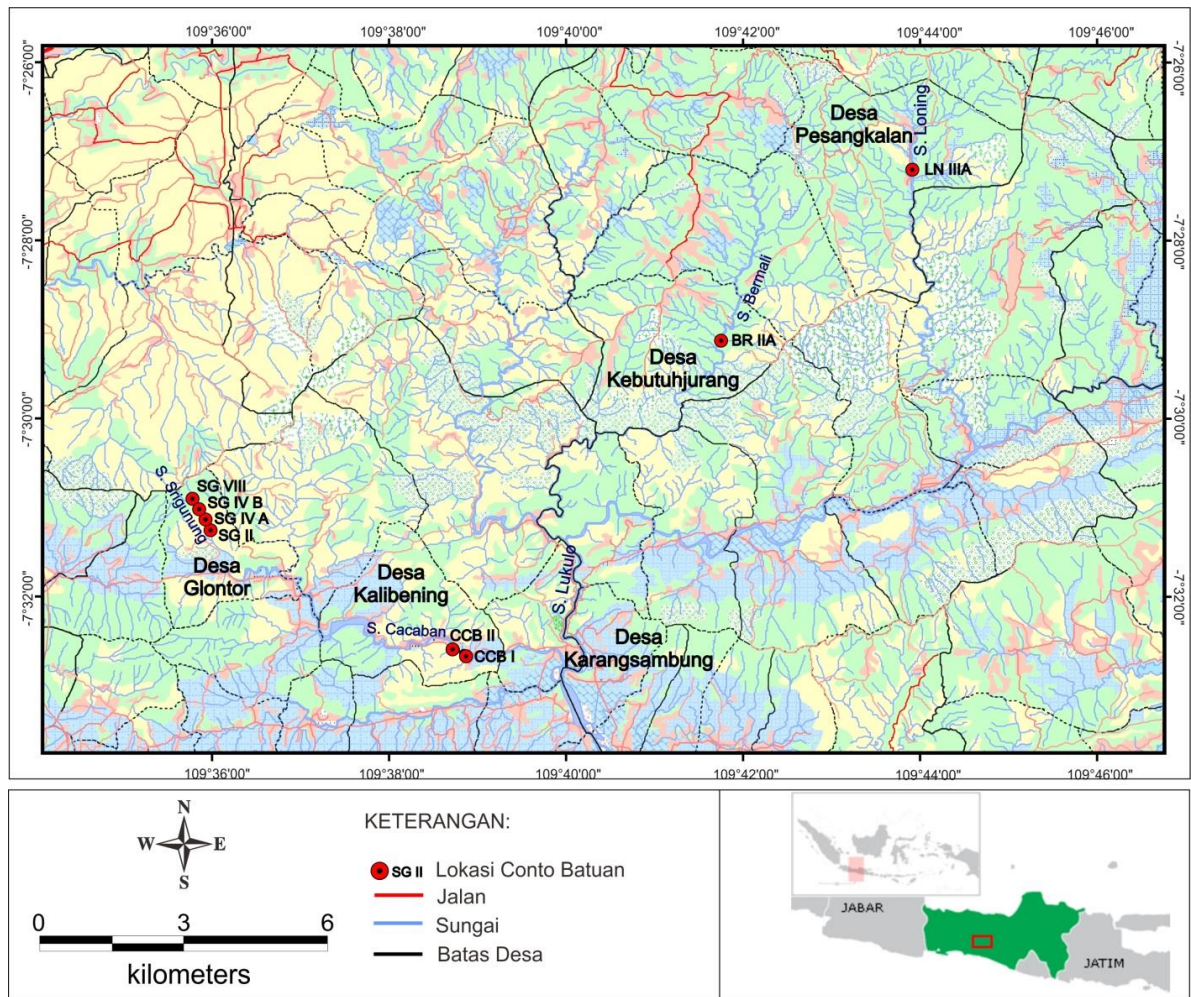
## LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung yaitu di Desa Glontor dan Desa Kalibening, Kabupaten Kebumen serta di Desa Kebutihjurang dan Desa Pesangkalan, Kabupaten Banjarnegara (Gambar 1). Pengambilan conto batuan dilakukan secara terpilih pada masing-masing lokasi pengamatan yaitu di Sungai Srigunung Glontor (SG II, SG IVA, SG IVB, SG VIII), Sungai Cacaban Kalibening (CCB I, CCB II), Sungai Bremali Kebutihjurang (BR IIA) dan Sungai Loning Pesangkalan (LN IIIA).

## METODE

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini adalah studi literatur, penelitian di lapangan dan penelitian laboratorium. Hasil studi literatur berupa review hasil penelitian terdahulu, sedangkan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian lapangan antara lain pengeplotan lokasi singkapan, deskripsi litologi yang ada di lokasi pengamatan, pengamatan kontak dengan batuan sekitarnya, dokumentasi, serta pengambilan sampel dasit. Analisis yang dilakukan di laboratorium antara lain adalah analisis petrografi, analisis geokimia batuan serta analisis umur batuan. Preparasi sayatan petrografi dilakukan di Laboratorium Obsidian Bandung pada Juni 2017, kemudian diamati menggunakan mikroskop polarisasi Olympus di Balai Informasi dan Konservasi Kebumian pada Juli 2017. Analisis geokimia dan umur batuan dilakukan di Activation Laboratories LTD., Kanada pada Agustus – September 2017.

Analisis petrografi dimulai dengan menyayat batuan hingga ketebalan 0,03 mm sehingga dapat diamati di bawah mikroskop polarisasi. Selanjutnya menggunakan mikroskop polarisasi Olympus sayatan tersebut ditentukan jenis mineral, struktur, tekstur hingga nama batumannya. Dokumentasi berupa foto juga dilakukan selama pengamatan sayatan. Analisis geokimia meliputi unsur utama, unsur jejak, serta unsur tanah jarang. Analisis unsur utama dilakukan menggunakan metode *fusion inductively coupled plasma* (fus ICP) dengan satuan ukur berupa persentase (%),



Gambar 1. Peta lokasi penelitian. Modifikasi dari peta rupa bumi Indonesia, Lembar Banjarnegara (RBI, Bakosurtanal, 2000), Karangsambung (RBI, Bakosurtanal, 2001), dan Gombong (RBI, Bakosurtanal, 2000).

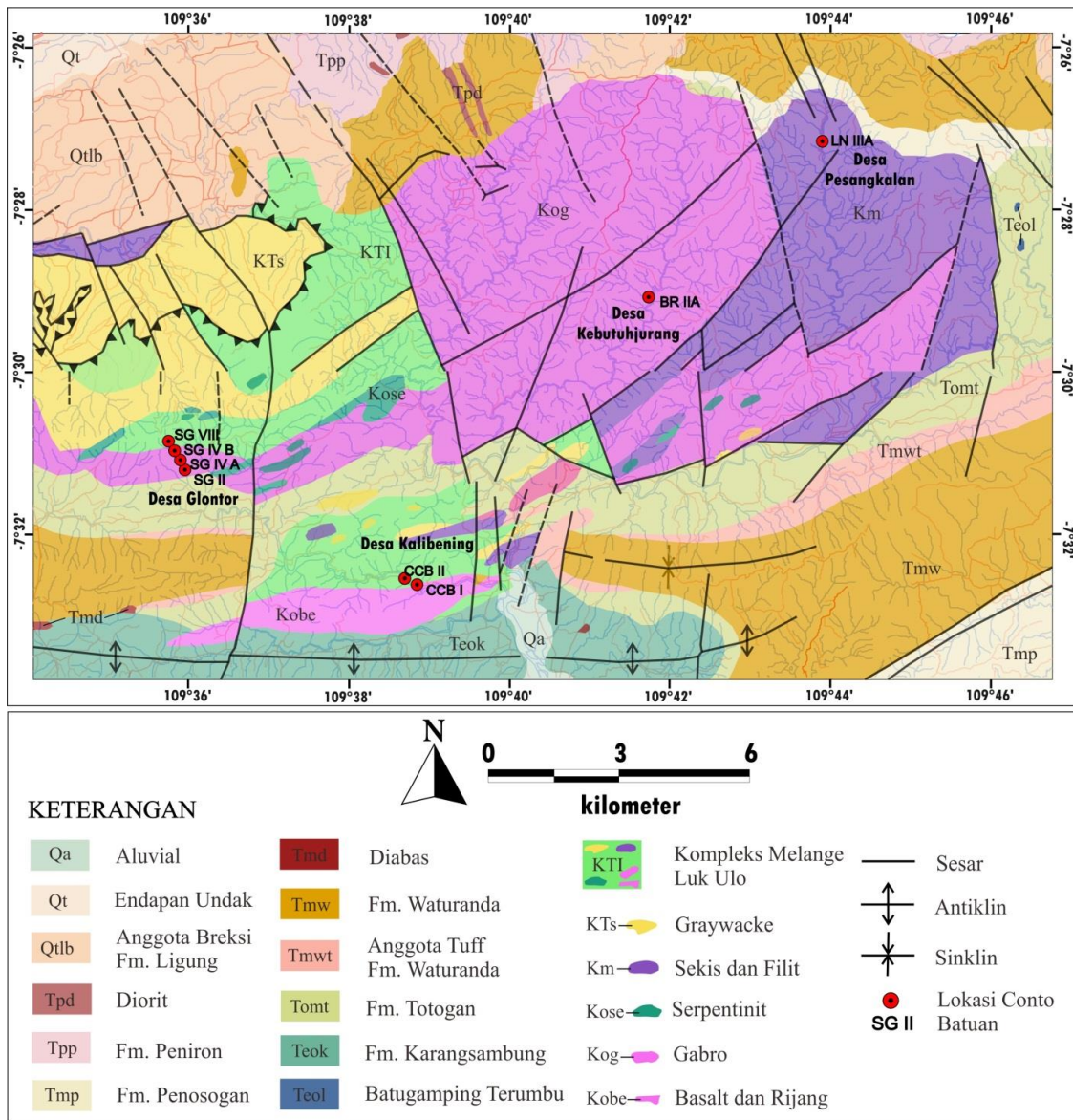
sedangkan untuk analisis unsur jejak serta unsur tanah jarang menggunakan metode *inductively coupled plasma mass spectrometry* (ICP-MS) dengan satuan berupa ppm (*part per million*). Pengukuran umur batuan dilakukan menggunakan metode K-Ar, didasarkan pada asumsi bahwa batuan yang dianalisis mengandung unsur kalium dengan berbagai isotopnya, salah satunya adalah  $^{40}\text{K}$  yang bersifat radioaktif. Isotop  $^{40}\text{K}$  akan mengalami peluruhan (*decay*) menjadi  $^{40}\text{Ar}$ , waktu peluruhan tersebutlah yang selanjutnya akan menghasilkan umur suatu batuan (Kelley, 2002).

### Geologi Daerah Penelitian

Secara geologi, daerah penelitian termasuk dalam Kompleks Mélange Luk Ulo atau KMLU (Gambar 2), merupakan batuan bancuh yang terbentuk di dalam jalur penunjaman akibat

tumbukan lempeng Hindia – Australia dengan lempeng benua Asia Tenggara (Asikin et al., 1992). KMLU terdiri dari campuran berbagai bongkah batuan (beku, sedimen, metamorf) dengan masadasar serpih dan batulempung hitam yang terkoyak-koyak (*pervasively sheared*). Kenampakan struktur boudinage dengan kekar gerus dan cermin sesar merupakan hal yang umum dijumpai pada permukaan batuan. Blok-blok batuan berupa *exotic block* maupun *native block* berukuran sentimeter hingga ratusan meter yang mengambang di atas lempung hitam tersebar luas dengan pola penyebaran sejajar arah gerusan. Komponen KMLU secara garis besar meliputi :

- Batuan metamorfik, merupakan batuan tertua yang dijumpai dan terdiri dari genes, sekis hijau, sekis mika, sekis biru, filit, amphibolit, eklogit dan marmer.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (modifikasi dari Asikin et al., 1992).

Pengukuran radiometric K-Ar pada sekis mika menunjukkan umur 117 Mya (Ketner, et al., 1976, Miyazaki, et al., 1998)

- Batuan beku, merupakan seri batuan ofiolit tersingkap di daerah ini terdiri atas batuan peridotit, serpentinit, gabro, diabas dan basal yang umum membentuk struktur bantal. Basal berstruktur bantal umumnya berasosiasi dengan sedimen laut dalam.
- Sedimen laut dalam, berupa selang seling rijang dengan lempung merah atau lempung merah gampingan. Batuan sedimen, umumnya berupa perselingan

batuan pelitik dengan batupasir, *greywacke* dan *metagreywacke* yang umumnya membentuk struktur *boudinage*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan terhadap delapan (8) conto dasit yang berasal dari Sungai Srigunung Glontor (SG II, SG IVA, SG IVB, SG VIII), Sungai Cacaban Kalibening (CCB I, CCB II), Sungai Bremali Kebutuhjurang (BR IIA) dan Sungai Loning Pesangkalan (LN IIIA). Dasit yang ditemukan pada masing-masing lokasi pengamatan merupakan bongkah tektonik dalam

Tabel 1. Perbandingan komposisi mineral dasit KMLU berdasarkan analisis petrografi.

Komposisi Mineral (%)	Kode Conto							
	SG II	SG IVA	SG IVB	SG VIII	BR IIA	LN IIIA	CCB I	CCB II
<b>Fenokris:</b>								
Kuarsa	20	20	25	25	25	13	25	8
Plagioklas	25	1	5	5	12	30	30	15
Sanidin	15	35	40	35	8	7	15	25
<b>Massa dasar:</b>								
Mikrolit kuarsa	30	25	20	25	20	25	20	35
Mikrokristalin Biotit	-	-	-	-	30	20	-	5
<b>Mineral Ubahan</b>								
Kalsit	2	2	5	2	3	2	7	3
Pirofilit	5	3	-	3	-	-	-	5
Opak	1,5	3	2	1,5	2	-	0,5	2
Klorit	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Kuarsa Sekunder	1	2	2,5	1	-	3	0,5	
Mineral Lempung	-	-	-	2	-	-	2	2
<b>Mineral Tambahan</b>								
Zirkon	-	-	-	0,5	-	-	-	-
Apatit	-	-	0,5	-	-	-	-	-

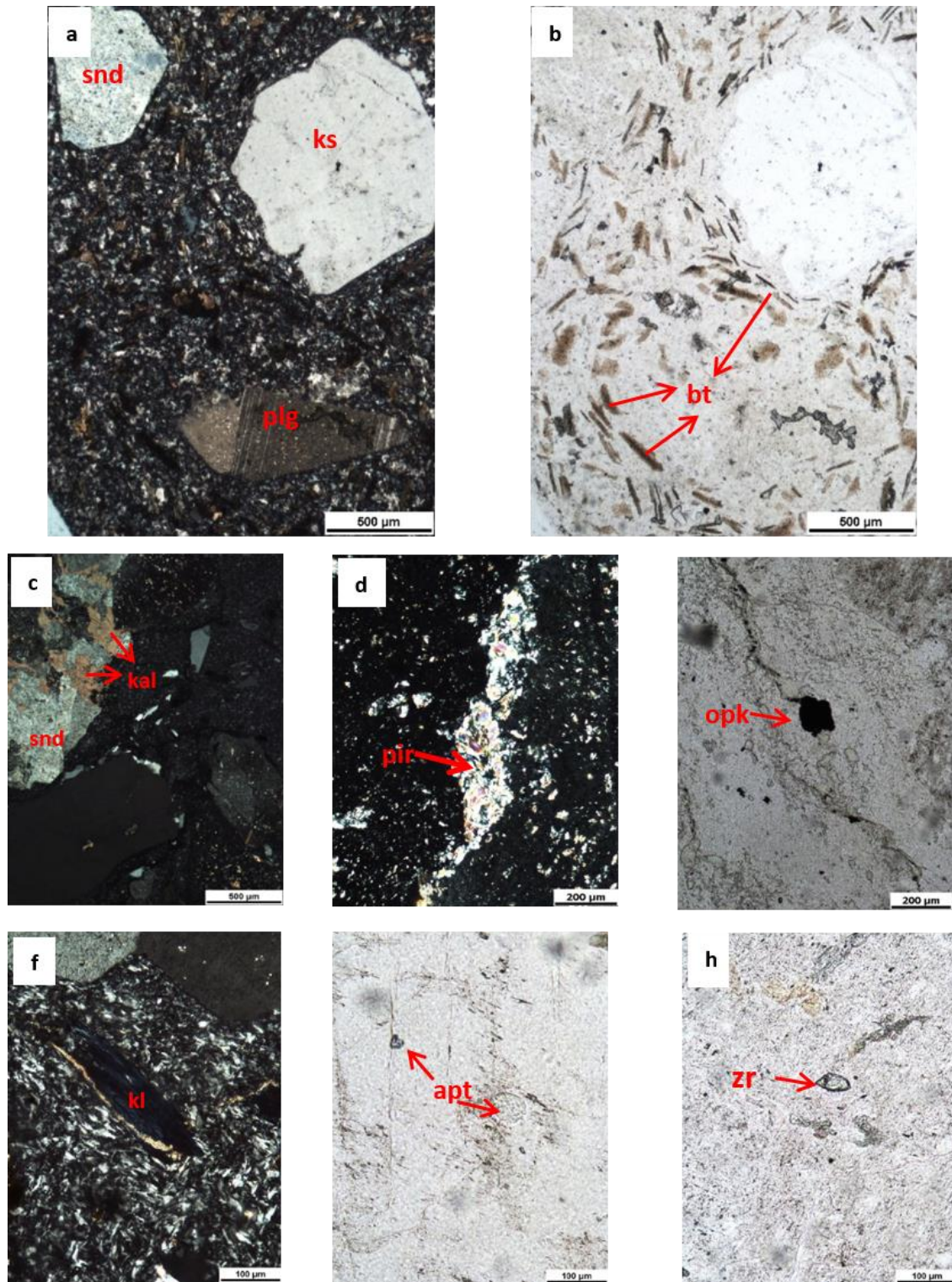
masa dasar lempung hitam. Berdasarkan analisis diketahui bahwa batuan dasit secara umum memiliki tesktur porfiritik, disusun fenokris kuarsa, plagioklas, dan sanidin yang tertanam dalam masa dasar mikrokristalin kuarsa dan mikrokristalin biotit (Gambar 3a-b). Dasit memperlihatkan proses ubahan yang tidak begitu kuat (<5%) dengan hadirnya mineral lempung, kalsit, pirofilit, dan klorit. Tabel 1 menyajikan perbandingan komposisi mineral berbagai sampel batuan dasit KMLU berdasarkan analisis petrografi.

#### **Dasit Srigunung**

Analisis petrografi dasit Srigunung menunjukkan batuan disusun oleh fenokris kuarsa (20 - 25%) yang memiliki kenampakan jernih, ukuran 0,12 - 4,2 mm, tekstur penelukan, bentuk euhedral-anhedral; fenokris plagioklas (5 - 25%) tak berwarna, ukuran 0,4 - 1,7 mm, bentuk anhedral - euhedral, kembaran albit, dan fenokris sanidin (15 - 40%) kenampakan keruh, bias rangkap rendah,

ukuran 0,16 - 5,5 mm, bentuk anhedral - subhedral, teramati tekstur pertit. Ketiga jenis fenokris tersebut tertanam dalam masa dasar mikrolit kuarsa (20 - 30%) dengan kenampakan tak berwarna, relief rendah, biasrangkap rendah, ukuran <0,15 mm, bentuk anhedral. Mineral ubahan yang hadir pada keempat sampel dasit Srigunung adalah kalsit (2 - 5%), tak berwarna, biasrangkap ekstrim, (Gambar 3c), pirofilit (3 - 5%), tak berwarna, berserabut, biasrangkap tinggi, (Gambar 3d), opak (0,5 - 3%), isotrop, gelap baik dalam posisi nikol silang maupun nikol sejajar, (Gambar 3e), dan kuarsa sekunder (0,5 - 2%).

Mineral ubahan tersebut pada keempat sayatan menggantikan mineral plagioklas dan sanidin. Mineral klorit (0,5%, hijau, berserabut, Gambar 3f) menggantikan masa dasar pada sayatan SG II A. Pada SG IVB dijumpai mineral tambahan berupa mineral apatit (Gambar 3g) sedangkan pada SG VIII dijumpai mineral tambahan zirkon (Gambar 3h).



Gambar 3. Kenampakan sayatan tipis dasit Komplek Mélange Luk Ulo (a) Fragmen kuarsa (ks), plagioklas (plg), dan sanidin (snd), (b) Matriks mikrolit biotit (bt), (c) mineral ubahan kalsit (kal), (d) mineral ubahan pirofilit (pir), (e) mineral ubahan klorit (kl), (f) mineral opak (opk), (g) mineral tambahan apatit (apt), (h) mineral tambahan zirkon (zr).

**Dasit Cacaban**

Sampel batuan dasit yang berasal dari Sungai Cacaban dengan kode conto CCB I dan CCB II. Secara petrografi dasit Cacaban disusun oleh fenokris kuarsa (8 - 25%), fenokris plagioklas (15 - 30%) dan fenokris sanidin (15 - 25%) tertanam dalam masa dasar mikrolit kuarsa (20 - 35%). Selain mikrolit kuarsa, pada CCB II dijumpai pula masa dasar mikrokristalin biotit (5%) dengan kenampakan berlembar, berwarna hijau kecoklatan, pleokroik sangat tinggi, ukuran <0,08 mm, dan bentuk anedral. Mineral tambahan pada kedua sayatan adalah kalsit (3 - 7%, menggantikan fenokris dan masadasar), opak (0,5 - 2%, menggantikan masadasar) dan mineral lempung (2%, berukuran halus, tak berwarna, biasrangkap rendah, menggantikan masadasar). Pada CCB I dijumpai kuarsa sekunder (0,5%) yang hadir sebagai *veinlet* sedangkan pada CCB II dijumpai pirofilit (5%) yang menggantikan fenokris.

**Dasit Bremali**

Sampel batuan dasit dari Sungai Bremali secara petrografi tersusun atas fenokris kuarsa (25%), plagioklas (12%) dan sanidin (8%) yang tertanam dalam masa dasar mikrolit kuarsa (20%) dan mikrokristalin biotit (30%). Mineral ubahan yang dijumpai pada BR IIA antara lain mineral kalsit (4%) hadir menggantikan hadir menggantikan fenokris dan massa dasar maupun sebagai *veinlet* dan mineral opak (1%) yang menggantikan masadasar.

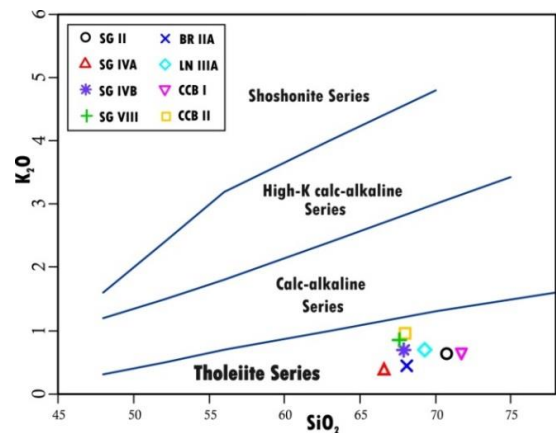
**Dasit Loning**

Dasit Loning secara petrografi tersusun atas fenokris kuarsa (13%), plagioklas (30%) dan sanidin (7%) yang tertanam dalam masa dasar mikrolit kuarsa (25%) dan mikrokristalin biotit (20%). Mineral lain yang dijumpai pada dasit Loning adalah mineral kalsit (2%) hadir menggantikan hadir menggantikan massa dasar maupun dan mineral kuarsa sekunder (3%) yang hadir sebagai *veinlet*.

**Analisis Unsur Utama**

Analisis unsur utama dilakukan terhadap 8 sampel dasit dari lokasi penelitian yang berbeda (Tabel 2), berdasarkan analisa tersebut diketahui bahwa dasit memiliki kandungan silika berkisar 66,56 - 71,64% dengan kandungan unsur K<sub>2</sub>O berkisar antara 0,41 - 1,27%. Berdasarkan perbandingan kandungan unsur SiO<sub>2</sub> vs K<sub>2</sub>O (Peccerillo dan

Taylor, 1976) maka diketahui bahwa afinitas magma pembentuk dasit KMLU adalah seri toleit



Gambar 4. Diagram geokimia Peccerillo and Taylor, 1976 batuan dasit Kompleks Mélange Luk Ulo menunjukkan afinitas magma toleit.

(Gambar 4). Nilai *lost on ignition* (LOI) sebesar 0,7 - 1,86 menunjukkan batuan yang dianalisis dalam keadaan segar dan sedikit terubah. Kandungan unsur oksida lain dalam dasit Kompleks Mélange Lok Ulo berturut-turut adalah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13,82 - 15,68%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,79 - 5,94%, MnO 0,029 - 0,101%, MgO 1,06 - 1,94%, CaO 0,39 - 1,87%, Na<sub>2</sub>O 5,21 - 6,52%, TiO<sub>2</sub> 0,138 - 0,28% serta P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,08 - 0,13%. Selanjutnya digunakan diagram diskriminasi Harker (1909) pada sampel dasit untuk menunjukkan variasi unsur oksida dengan SiO<sub>2</sub> (Gambar 5).

Diagram Harker pada Gambar 5 menunjukkan adanya hubungan seluruh sampel dasit meskipun berasal dari lokasi yang berbeda. Hubungan tersebut tercermin pada pola yang membentuk korelasi positif maupun negatif pada masing-masing diagram. Korelasi negatif terjadi pada diagram unsur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub>, terhadap SiO<sub>2</sub> dan korelasi positif terlihat pada diagram unsur K<sub>2</sub>O dan Na<sub>2</sub>O terhadap SiO<sub>2</sub>. Menurut Harker (1909) korelasi negatif atau penurunan kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CaO terhadap peningkatan kandungan SiO<sub>2</sub> berhubungan dengan terjadinya proses kristalisasi fraksinasi unsur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CaO dan membentuk mineral plagioklas (Ca, AlSiO<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). Berkurangnya kandungan CaO dalam magma menyebabkan kandungan Na<sub>2</sub>O dalam magma relatif mengalami peningkatan terhadap SiO<sub>2</sub> dan menghasilkan korelasi positif. Peningkatan unsur K<sub>2</sub>O terhadap SiO<sub>2</sub> berhubungan dengan pembentukan mineral

sanidin  $K(AlSi_3O_8)$ . Korelasi negatif unsur  $MgO$  dan  $Fe_2O_3$  mengindikasikan proses kristalisasi fraksinasi unsur tersebut membentuk mineral biotit  $\{K(MgFe)_3AlSi_3O_{10}(OH,F)_2\}$ . Sedangkan penurunan unsur  $TiO_2$  relatif terhadap  $SiO_2$  berhubungan dengan pembentukan mineral dengan komposisi Ti-oksida seperti mineral opak ilmenit atau magnetit (Harker, 1909). Berdasarkan pola korelasi pada diagram harker dapat diinterpretasikan bahwa bongkah dasit KMLU bersumber dari proses magmatisme yang sama meskipun ditemukan pada lokasi yang berjauhan. Analisis unsur utama dalam penelitian ini digunakan pula untuk penentuan jenis batuan sehingga dapat memperkuat hasil analisis petrografi yang telah dilakukan. Penentuan jenis batuan menggunakan data unsur utama dilakukan dengan mengplot beberapa data unsur utama kedalam diagram atau grafik klasifikasi TAS (Le Bas, 1986). Diagram tersebut menggunakan kandungan unsur  $SiO_2$  (sebagai fungsi diferensiasi) versus  $Na_2O$  dan  $K_2O$  sebagai dasar klasifikasinya yang menunjukkan bahwa semua sampel dari penelitian ini termasuk ke dalam batuan dasit (Gambar 6). Berdasarkan perbandingan kandungan ketiga unsur tersebut, dasit Kompleks Mélange Lok Ulo juga menunjukkan afinitas magma toleitik. Menurut Wilson (1989), batuan dengan afinitas magma toleit yang memperlihatkan korelasi negatif pada unsur  $TiO_2$ ,  $CaO$ , dan  $Fe_2O_3$  terhadap  $SiO_2$  dan

korelasi positif unsur  $K_2O$  terhadap  $SiO_2$  mengindikasikan pembentukan pada tatanan tektonik busur kepulauan (*island arc*).

#### Analisis Unsur Jejak

Analisis unsur jejak 8 sampel dasit tersaji dalam Tabel 3, data tersebut kemudian dinormalisasi terhadap MORB (Pearce, 1982) dan N-MORB (Sun dan McDonough, 1989) yang disajikan dalam diagram laba-laba pada Gambar 7. Batuan dasit memiliki kandungan unsur jejak Ni sebesar 19 - 30 ppm dan unsur Cr (19 - 20 ppm), sedangkan batuan yang terbentuk dari magma mantel akan memiliki kandungan unsur Ni mencapai 400 - 500 ppm serta Cr mencapai >1000 ppm (Wilson, 1989). Kandungan unsur Ni, Co, serta Cr pada dasit yang relatif rendah mengindikasikan bahwa magma pembentuk dasit bukan berasal dari mantel (Wilson, 1989). Batuan dasit memiliki kandungan unsur Sr, K, Rb, Ba dan Th yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan MORB (Pearce, 1982) maupun N-MORB (Sun dan McDonough, 1989). Kandungan unsur Sr dalam dasit berkisar 218 - 655 ppm atau mengalami pengkayaan 2 - 5 kali dibandingkan MORB dan 2 - 7 kali dibandingkan N-MORB. Unsur K mencapai 4100 - 9100 ppm, mengalami pengkayaan 3 - 6 kali dibanding MORB dan 7 - 15 kali dibanding N-MORB. Kandungan unsur Rb adalah 6 - 13 ppm, mengalami pengkayaan 3-6 kali dibandingkan MORB dan 11 - 23 kali

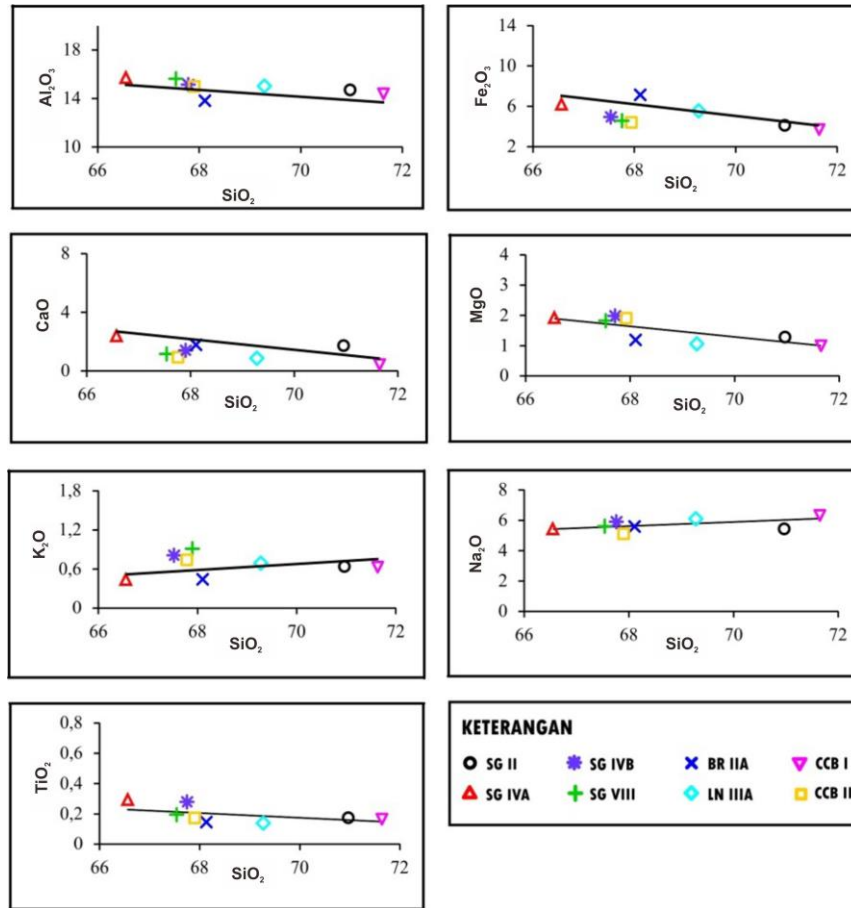
Tabel 2. Hasil analisa kandungan unsur utama dalam dasit Komplek Melange Luk Ulo.

Unsur Utama (%)	Kode Conto							
	SG II	SG IVA	SG IVB	SG VIII	BR IIA	LN IIIA	CCB I	CCB II
<b>SiO<sub>2</sub></b>	70,97	66,56	67,76	67,54	68,11	69,28	71,64	67,9
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14,72	15,68	15,21	15,64	13,82	15,03	14,66	14,98
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,12	5,94	4,57	4,92	7,19	5,49	3,79	4,5
<b>MnO</b>	0,038	0,101	0,052	0,045	0,079	0,049	0,029	0,048
<b>MgO</b>	1,28	1,91	1,94	1,82	1,19	1,06	1,06	1,86
<b>CaO</b>	1,87	2,22	0,95	1,15	1,78	0,82	0,39	1,38
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	5,43	5,44	5,87	5,6	5,58	6,09	6,52	5,21
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,64	0,41	0,75	0,83	0,44	0,69	0,63	0,91
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,174	0,282	0,28	0,194	0,138	0,142	0,177	0,172
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,09	0,11	0,13	0,11	0,09	0,09	0,08	0,1
<b>LOI</b>	0,77	1,77	1,45	1,51	0,7	0,81	0,8	1,86
<b>Total</b>	100,1	100,4	98,95	99,36	99,11	99,57	99,78	98,93

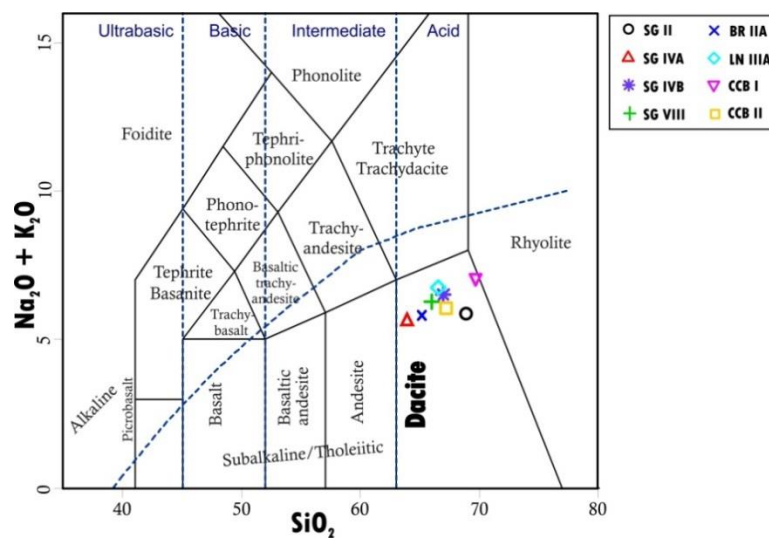


dibanding N-MORB. Unsur mencapai 55 - 150 ppm, mengalami pengkayaan 3 - 7 kali dibanding MORB dan 9 - 24 kali dibandingkan N-MORB. Kandungan unsur Th adalah 0,2 - 0,6 ppm,

mengalami pengkayaan hingga 3 kali dibandingkan MORB dan hingga 5 kali dibandingkan N-MORB, sedangkan kandungan unsur Ta, Nb, Ce, P, Zr, Hf, Sm, Ti, Y dan Yb



Gambar 5. Variasi unsur utama dasit KMLU dalam diagram Harker (1909).



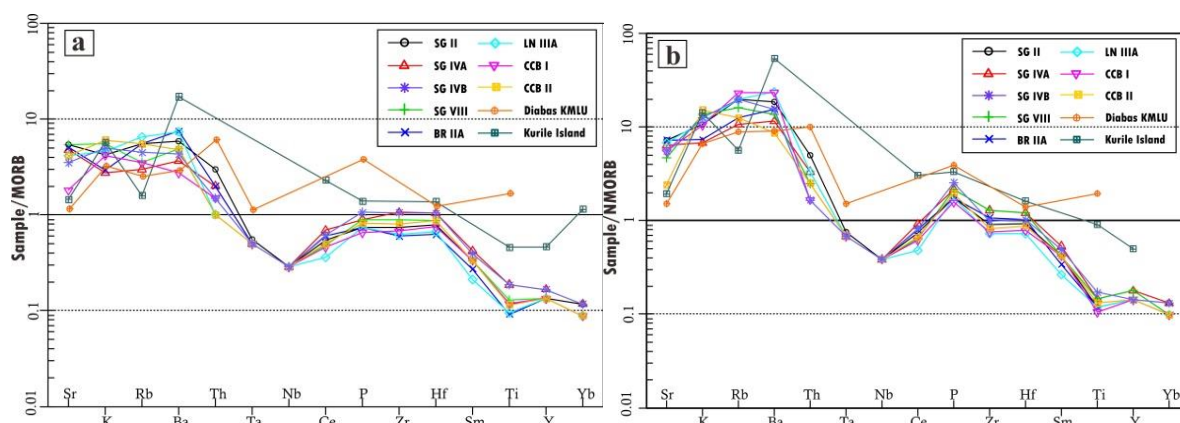
Gambar 6. Plotting  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  vs  $\text{SiO}_2$  dalam diagram TAS Le Bas et al., 1986 menunjukkan batuan yang diteliti jenis dasit dari Kompleks Mélange Luk Ulo.

umumnya lebih rendah dibandingkan MORB maupun N-MORB. Hal ini terlihat pada diagram laba-laba (Gambar 7a dan 7b) yang menunjukkan pola pemiskinan pada unsur Ta – Yb. Menurut Wilson (1989) apabila suatu batuan mengalami pengkayaan unsur *low ionic potential* (Sr, K, Rb, Ba dan Th) dengan kandungan *high ionic potential* (Ta, Nb, Ce, P, Zr, Hf, Sm, Ti, Y dan Yb) yang rendah dibandingkan MORB atau N-MORB, mengindikasikan bahwa batuan terbentuk pada tatanan tektonik busur kepulauan (*island arc*).

Diagram laba-laba pada Gambar 7a disajikan data unsur jejak batuan dasit dengan afinitas magma toleit dari Kepulauan Kurile, Jepang (data dari Barker, 1979) dan data unsur jejak batuan diabas dari Kompleks Mélange Luk Ulo (data dari Soeria-Atmadja et al., 1994) yang juga berafinitas toleit sebagai pembanding. Dasit KMLU dan dasit Kepulauan Kurile memiliki persamaan yaitu pengkayaan unsur Sr, K, Rb, serta Ba dibandingkan MORB maupun N-MORB. Namun demikian pengkayaan unsur Ba pada dasit Kepulauan Kurile jauh lebih besar dibanding pada dasit KMLU. Perbedaan pola diagram unsur jejak antara dasit KMLU dan dasit Kurile terlihat pada unsur Ce, P, Hf, Ti, Y serta Yb. Pada dasit KMLU unsur-unsur tersebut umumnya memiliki kandungan yang lebih rendah dibanding MORB, sedangkan pada dasit Kurile unsur Ce, P, Hf serta Yb kandungannya lebih besar dibandingkan MORB. Unsur Ti dan Yb, meskipun keduanya memperlihatkan kandungan yang relatif lebih rendah dibanding MORB, namun pemiskinan unsur tersebut pada dasit KMLU lebih besar. Pada

diagram normalisasi N-MORB perbedaan pola hanya terjadi pada unsur Ce, dimana kandungan Ce pada dasit KMLU umumnya lebih kecil dibanding N-MORB sedangkan pada dasit Kepulauan Kurile kandungannya lebih besar.

Diagram unsur jejak dasit KMLU bila dibandingkan dengan diabas KMLU, terlihat persamaan pola pengkayaan unsur *low ionic potential* (Sr, K, Rb, Ba dan Th) relatif terhadap MORB maupun N-MORB meskipun pengkayaan unsur Th yang dialami diabas KMLU lebih besar dibandingkan yang terjadi pada dasit KMLU. Perbedaan antara dasit dan diabas KMLU terlihat pada unsur Ta, P, Hf dan Ti, dimana keempat unsur tersebut pada dasit KMLU memiliki kandungan yang lebih rendah dibanding MORB, sedangkan pada diabas KMLU kandungannya lebih besar dibanding MORB. Pada normalisasi N-MORB perbedaan pola hanya terjadi pada unsur Ti, dimana kandungan Ti pada diabas KMLU lebih besar dibanding N-MORB sedangkan dasit KMLU umumnya memiliki kandungan Ti yang lebih kecil dibanding N-MORB. Perbedaan ini kemungkinan berkaitan dengan perbedaan fraksinasi kristalisasi mineral yang terbentuk pada kedua batuan (Murphy, 2007). Dasit Kepulauan Kurile dan diabas KMLU berdasarkan karakteristik unsur jejaknya diinterpretasikan terbentuk pada tatanan tektonik busur kepulauan (Barker, 1979; Soeria-Atmadja et al., 1994). Persamaan karakteristik unsur jejak dasit KMLU dengan kedua batuan tersebut memperkuat indikasi bahwa dasit KMLU terbentuk dalam lingkungan busur kepulauan.



Gambar 4. Diagram laba-laba unsur jejak dasit Kompleks Mélange Luk Ulo dibandingkan dengan batuan dasit dari Kepulauan Kurile dan diabas KMLU yang menunjukkan karakter busur kepulauan toleitik. (a) Normalisasi MORB (Pearce, 1982). (b) Normalisasi N-MORB (Sun dan McDonough, 1989). Seluruh sampel memiliki keseragaman pola yang menunjukkan sumber magmatisme yang sama.

Keseragaman pola diagram laba-laba seluruh sampel dasit daerah penelitian pada Gambar 7 menunjukkan sumber magmatisme yang sama.

**Analisis Unsur Tanah Jarang**

Tabel 3 menunjukkan data unsur tanah jarang 8 sampel dasit Kompleks Mélange Luk Ulo. Data tersebut kemudian dinormalisasi terhadap batuan kondrit (Nakamura, 1974; Sun dan McDonough, 1989), kemudian disajikan dalam bentuk diagram laba-laba (Gambar 8). Secara umum dasit KMLU memiliki kandungan unsur tanah jarang yang lebih besar dibandingkan batuan kondrit. Pengkayaan unsur yang terjadi pada unsur tanah jarang ringan (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu dan Gd) lebih besar dibandingkan pada unsur tanah jarang berat (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb dan Lu). Jika dibandingkan dengan kondrit, unsur tanah jarang ringan dasit KMLU mengalami pengkayaan 3 - 9 kali sedangkan pengkayaan unsur tanah jarang berat hanya sebesar 2 - 7 kali. Unsur tanah jarang ringan pada dasit KMLU juga nampak membentuk pula pemiskinan (*depletion*) berangsur-angsur dari

unsur La hingga Eu. Menurut Wilson (1989) adanya pola pemiskinan pada unsur tanah jarang ringan (light REE) mengindikasikan batuan berasal tatanan tektonik busur kepulauan.

**Analisis Umur Batuan**

Sampel dasit dengan kode SG IV B yang berasal dari kali Srigunung (Gambar 2) dianalisis menggunakan metode K-Ar. Sampel dengan kode SG IVB dipilih karena kondisinya yang segar dan tidak teralterasi (LOI 1,47%). Secara petrografi, dasit SG IVB memiliki tekstur porfiritik dengan fenokris berupa kuarsa (25%), plagioklas (5%) dan sanidin (40%) yang tertanam dalam massa dasa berupa mikrokristalin kuarsa (20%), mineral ubahan berupa kalsit (5%), opak (2%) dan kuarsa sekunder (2,5%) serta mineral tambahan berupa apatit (0,5%). Data hasil analisa umur dasit KMLU tersaji pada Tabel 5, berdasarkan data tersebut diketahui bahwa dasit Kompleks Mélange Luk Ulo berumur  $48 \pm 1,7$  juta tahun yang lalu atau pada kala Eosen Awal menurut skala waktu geologi. Umur dasit tersebut tergolong muda jika

Tabel 3. Hasil analisa kandungan unsur jejak dalam dasit Kompleks Mélange Luk Ulo.

Unsur Jejak (ppm)	Kode Sampel							
	SG II	SG IVA	SG IVB	SG VIII	BR IIA	LN IIIA	CCB I	CCB II
Cr	19	20	19	19	19	19	19	19
Ni	20	30	30	20	19	20	30	30
Sr	655	573	422	652	608	496	218	497
K	6400	4100	8300	4400	6900	6300	9100	7500
Rb	11	6	9	7	11	13	7	11
Ba	118	73	86	98	150	148	55	97
Th	0,6	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2
Ta	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nb	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ce	5,5	6,9	4,8	6	3,6	4,6	5	6,1
P	900	1100	1100	900	900	800	1000	1300
Zr	67	96	95	80	54	56	61	73
Hf	1,9	2,5	2,5	2,1	1,5	1,6	1,8	2,1
Sm	1,1	1,4	1,1	0,9	0,7	1,1	1,1	1,3
Ti	900	1100	1100	900	900	800	1000	1300
Y	4	5	5	4	4	4	4	4
Yb	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4

mengingat letaknya yang berada pada Kompleks Mélange Luk Ulo. Adanya keseragaman karakteristik unsur utama dan unsur jejak pada seluruh sampel dasit mengindikasikan sumber pembentukan yang sama sehingga diinterpretasikan bahwa dasit dari lokasi lain (Kali Cacaban, Bremali, Loning) juga memiliki umur yang sama dengan dasit Kali Srigunung. Suparka (1988) juga melakukan pengukuran umur dasit Kompleks Mélange Luk Ulo menggunakan metode K-Ar dan diketahui bahwa umur dasit adalah  $67.71 \pm 3.39$  juta tahun yang lalu. Umur dari Suparka (1988) sedikit lebih tua dibandingkan umur dalam hasil penelitian ini. Data lain

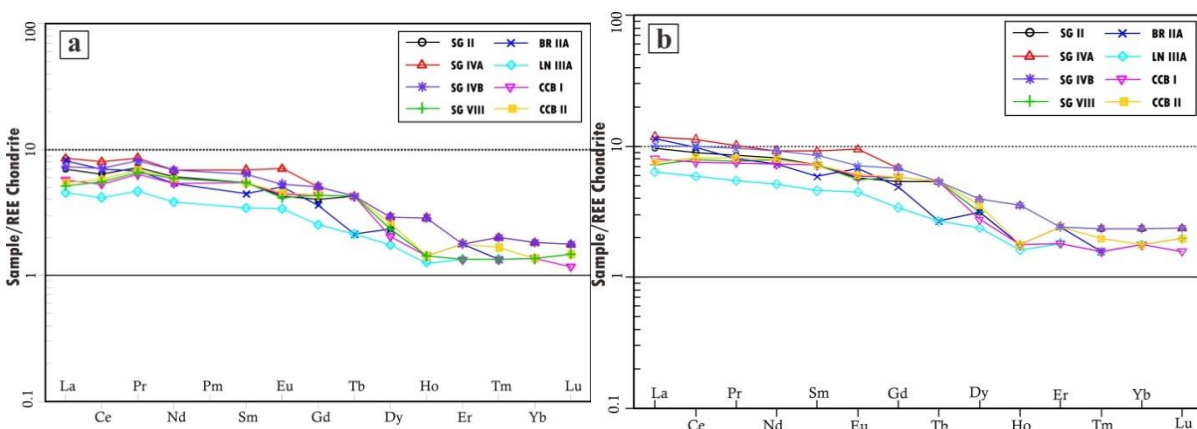
mengenai umur dasit Kompleks Mélange Luk Ulo dapat kita peroleh dalam Ketner et al. (1976) yang melakukan pengukuran umur menggunakan metode fission-track dan diperoleh umur 65 juta tahun yang lalu. Dari ketiga pengukuran umur dasit tersebut dapat disimpulkan bahwa pembentukan umur dasit Kompleks Mélange Luk Ulo terjadi pada masa Kapur Akhir – Eosen pada tatanan tektonik busur kepulauan.

**Pembentukan Dasit Kompleks Mélange Luk Ulo**

Berdasarkan berbagai karakteristik unsur utama, unsur jejak serta unsur tanah jarang diketahui bahwa dasit Kompleks Mélange Luk Ulo memiliki

Tabel 4 Hasil analisa kandungan unsur tanah jarang dalam dasit Komplek Melange Luk Ulo.

Unsur Tanah Jarang (ppm)	Sampel							
	SG II	SG IVA	SG IVB	SG VIII	BR IIA	LN IIIA	CCB I	CCB II
La	2,3	2,8	2,4	1,7	2,7	1,5	1,9	1,8
Ce	5,5	6,9	6,1	4,8	6	3,6	4,6	5
Pr	0,81	0,96	0,91	0,73	0,76	0,52	0,71	0,77
Nd	3,8	4,3	4,3	3,7	3,4	2,4	3,4	3,7
Sm	1,1	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7	1,1	1,1
Eu	0,33	0,55	0,41	0,32	0,39	0,26	0,34	0,35
Gd	1,1	1,4	1,4	1,2	1	0,7	1,2	1,2
Tb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Dy	0,8	1	1	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9
Ho	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	< 0,1	0,1	0,1
Er	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4
Tm	0,06	0,06	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Yb	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Lu	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	< 0,01	0,04	0,05



Gambar 5. Diagram laba-laba unsur tanah jarang dasit Kompleks Mélange Luk Ulo memperlihatkan pola yang pengayaan relatif terhadap kondrit, menunjukkan karakter busur kepulauan. (a) Normalisasi kondrit (Nakamura, 1974). (b) Normalisasi kondrit (Sun dan McDonough, 1989).

Tabel 5 Hasil analisa umur Dasit Komplek Melange Luk Ulo.

Kode Conto	K %	<sup>40</sup> Ar rad, (nl/g)	% <sup>40</sup> Ar air	Age, Ma	Error 2σ
SG IVB	0,687±0,01	2,36±0,008	36,6	48,9	1,7

afinitas magma toleitik dan terbentuk dalam tatanan tektonik busur kepulauan. Menurut Ewart (1982), karakteristik utama batuan yang terbentuk pada busur kepulauan adalah memiliki tekstur porfiritik. Gill (2010) menyatakan bahwa dasit dicirikan dengan tekstur porfiritik dengan fenokris dapat berupa plagioklas, ortopiroksen, klinopiroksen, hornblende, biotit, Fe – Ti oxide, apatit dan kuarsa. Karakteristik tersebut sesuai dengan dasit Kompleks Mélange Luk Ulo yang juga memiliki tekstur porfiritik. Mineral yang terkandung dalam dasit Kompleks Mélange Luk Ulo yaitu fenokris kuarsa, plagioklas, dan feldspar alkali serta masa dasar mikrokristalin kuarsa dan mikrokristalin biotit merupakan mineral yang umum dijumpai pada batuan dasit dengan afinitas magma toleitik yang terbentuk pada busur kepulauan dan orogenic continental margin (Barker, 1979). Tidak hadirnya mineral hornblende pada dasit Kompleks Mélange Luk Ulo juga merupakan penciri batuan dari tatanan tektonik busur kepulauan dengan afinitas magma toleitik (Gill, 2010). Karakteristik petrografi dan geokimia menunjukkan bahwa dasit Kompleks Mélange Luk Ulo terbentuk dalam busur kepulauan pada kisaran umur 65 - 48 juta tahun yang lalu atau pada masa Kapur Akhir - Eosen. Hal tersebut ternyata sesuai dengan pembentukan Kompleks Mélange Luk Ulo yang dimulai pada Kapur Akhir hingga Eosen menurut Harsolumakso (2015).

### KESIMPULAN

Dasit Kompleks Mélange Luk Ulo secara petrologi dicirikan dengan tesktur porfiritik terdiri dari fenokris berupa kuarsa, plagioklas, dan feldspar alkali yang tertanam dalam masa dasar mikrokristalin kuarsa dan mikrokristalin biotit. Batuan tersebut nampak memperlihatkan proses perubahan yang tidak begitu kuat dengan hadirnya mineral lempung, kalsit, pirofilit, serta klorit. Secara geokimia dasit Kompleks Mélange Luk Ulo dicirikan dengan kandungan unsur SiO<sub>2</sub> yang tinggi 66,56 - 71,64% dan K<sub>2</sub>O yang rendah 0,41 - 1,27% dengan afinitas magma tipe toleitik

(Peccerillo dan Taylor, 1976). Karakteristik lain dari dasit Kompleks Mélange Luk Ulo adalah kandungan unsur *low ionic potential* Sr, K, Rb, Ba dan Th yang mengalami pengkayaan relatif terhadap MORB sebanyak 2 - 8 kali sedangkan unsur- unsur *high ionic potential* Ta, Nb, Ce, P, Zr, Hf, Sm, Ti, Y dan Yb lebih rendah dibandingkan MORB dan 2 - 11 kali dibandingkan N-MORB, mengindikasikan bahwa batuan terbentuk pada tatanan tektonik Busur Kepulauan (Wilson, 1989). Pengayaan unsur tanah jarang ringan (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm dan Eu) sebesar 3-9 kali dibandingkan kondrit yang disertai pola pengurangan (depletion) berangsur-angsur dari unsur La hingga Eu juga mengindikasikan tatanan tektonik busur kepulauan (Wilson, 1989). Keseragaman pola unsur utama, unsur jejak, serta unsur tanah jarang pada semua bongkah dasit daerah penelitian mengindikasikan sumber serta proses magmatisme yang sama. Pengukuran umur absolut menunjukkan kisaran umur 65 - 48 juta tahun lalu, menunjukkan bahwa Dasit Komplek Mélange Luk Ulo terbentuk dari magmatisme busur kepulauan pada masa Kapur akhir – Eosen Awal.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Kepala Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI yang telah memberikan kami kesempatan untuk menjalankan penelitian ini. Terima kasih yang setulusnya pula kepada pemerintah setempat serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penelitian ini didanai dengan dana DIPA LIPI tahun anggaran 2017.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., dan Gafoer, S., 1992. Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa, skala 1: 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bakosurtanal. 2001. Peta rupa bumi digital Indonesia lembar 1408-134

- Karangsambung, skala 1 : 25.000. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- Bakosurtanal. 2000. Peta rupa bumi digital Indonesia lembar 1408-412 Banjarnegara, skala 1 : 25.000. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- Bakosurtanal. 2000. Peta rupa bumi digital Indonesia lembar 1408-133 Gombong, skala 1 : 25.000. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- Barker, F., 1979. *Trondhjemites, Dacites and Related Rocks*. Amsterdam. Elsevier. 659.
- Gill, R., 2010. *Igneous rocks and processes : a practical guide*. Wiley-Blackwell. Chichester. 428.
- Harjanto, A., 2011. Petrologi dan Geokimia Batuan Vulkanik Di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah MTG*, 4(1).
- Harker, A., 1909. *The natural history of igneous rocks*. New York. Macmillan, 384.
- Harsolumakso, A. H., Sapiie, B., Tuakia, Z., Yudha, R. I., 2015. Luk Ulo Melange Complex, Central Java, Indonesia; Characteristics, Origin and Tectonic significance. Poster in 13th annual meeting Asia Oceania Geosciences Society. Beijing.
- Kadarusman, A., Massonne, H. J., Roermund, H. V., Permana, H., Munasri., 2007. P-T evolution of eclogites and blueschists from the Luk Ulo Complex of Central Java, Indonesia. *International Geology Review*, 49, 329-356.
- Kelley, S., 2002. K-Ar and Ar-Ar dating. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 47(1), 785–818.
- Ketner, K. B., Kastowo, Modjo, S., Naeser, C. W., Obradovich, J. D., Robinson, K., Suptandar, T., Wikarno., 1976. Pre-Eocene rocks of Java, Indonesia, *Journal of Research, United State Geological Survey*, 14, 605-614.
- Le Bas M. J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27(3), 745–750.
- Miyazaki, K., Sopaheluwakan, J., Zulkarnain, I., Wakita, K., 1998. Jadeitequartz-glaucophane rock from Karangsambung, Central Java, Indonesia and its tectonic implications, *The Island Arc* 7, 223-230.
- Murphy, J. B., 2007. Igneous rock associations 8, Arc magmatism II: Geochemical and isotopic characteristics. *Geoscience Canada*, 34(2007), 7-35.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 757 -775.
- Pearce, J. A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*, R. S. Thorpe (ed.), 525 – 548.
- Peccerillo, R. dan Taylor, S. R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63–81.
- Pratama, I. W., Hanif, I. M., Hidayatullah, Prmumijoyo, S., 2017. Studi Petrogenesis Batuan Beku di Daerah Semono dan Sekitarnya, Kecamatan Kaligesing dan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah dengan Metode Sayatan Tipis. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*. Hal. 1203 – 1215.
- Rollinson, H. R., 1993. *Using Geochemical Data : Evaluation, Presentation, Interpretation*. Singapura. Pearson education Asia (Pte) Ltd. 352.
- Setiawan, N. I., 2013. Metamorphic evolution of central Indonesia. PhD thesis (unpublished), Kyushu university, Japan, 318.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., Priadi,

- B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of southeast asian earth sciences*, 9, 13 –27.
- Soesilo, J., Schenk, V., Suparka, E., Abdullah, C. I., 2015. The Mesozoic Tectonic Setting Of Se Sundaland Based On Metamorphic Evolution. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association Thirty-Ninth Annual Convention & Exhibition*.
- Stefan, A., Szakacs, A., Seghedi, I., 1996. Dacite from Type Locality : Genealogy and Description. *Proceedings 90th Geological Institute of Romania*.
- Sun, S-S, dan McDonough W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, in Saunders A.D., and Norry, M.J., eds., *Magmatism in the Oceanic Basins: Geological Society of London Special Publication* 42, 313-345.
- Suparka, M. E., 1988. Studi petrologi dan pola kimia kompleks ofiolit Karangsambung utara Luh Ulo, Jawa Tengah, Evolusi geologi Jawa Tengah, Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB, tidak dipublikasikan, 181 hal.
- Wakita, K., dan Bambang W., 1994. Cretaceous radiolarians from the Luk-Ulo Melange Complex in the Karangsambung area, Central Java, Indonesia, *Journal SE Asian Sciences*, 9, 29-43.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis; A Global Tectonic Approach*. London. Unwin Hyman Ltd., 466.