

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LITIUUM PADA BATUAN FILIT KOMPLEKS LUK ULO,
JAWA TENGAH**

**LITHIUM IDENTIFICATION ON PHYLLITE FROM THE LUK ULO COMPLEX,
CENTRAL JAVA**

Isyqi¹, Nugroho Imam Setiawan², dan Ferian Anggara²

¹Pusat Riset Sumber Daya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional

²Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada

Isyq001@brin.go.id

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i2.470>

ABSTRAK

Produksi baterai litium-ion di Indonesia akan lebih praktis jika Indonesia juga memiliki cadangan litium. Batuan metapelitik dapat menjadi salah satu material alternatif penghasil litium yang cukup potensial. Batuan filit yang termasuk dalam batuan metapelitik ditemukan tersingkap di Kompleks Luk Ulo, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan litium dan mineralogi batuan filit Kompleks Luk Ulo sebagai model analogi keterdapatan litium pada batuan sejenis. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, analisis petrografi, analisis XRD, dan analisis ICP AES/MS. Filit Kompleks Luk Ulo tersingkap pada beberapa lokasi, memiliki skitositas yang berkembang cukup baik dengan komposisi mineral utama berupa kuarsa, grafit, klorit, dan mika putih. Litium dalam filit Kompleks Luk Ulo memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi rata-rata litium dalam kerak bumi yaitu merentang antara 18,2 ppm sampai dengan 84,7 ppm. Kandungan litium dalam batuan tersebut diinterpretasikan berkaitan dengan mineral mika putih karena litium dalam batuan filit berkorelasi positif dengan unsur-unsur pembentuk mineral mika putih yaitu unsur utama K₂O, CaO, Na₂O, MgO, dan Al₂O₃. Pengkayaan litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo mencapai lima kali dibanding konsentrasi litium dalam kerak bumi. Sumber pengkayaan tersebut diperkirakan berasal dari *protolith* filit berupa batuan sedimen pelitik asal benua. Kandungan litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo memungkinkan batuan tersebut menjadi bahan baku sumber litium, namun batuan tersebut tidak untuk dieksploitasi karena terletak di Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung.

Kata kunci: Litium, Filit, Kompleks Luk Ulo, ICP AES/MS, Mika Putih

ABSTRACT

Production of lithium-ion batteries in Indonesia will be more feasible if Indonesia has its own lithium resources. Metapelitic rocks have the potential to serve as an alternate raw material for lithium. Phyllite, a type of metapelitic rock, was found in the Luk Ulo Complex, Central Java. The objective of this study is to determine the mineral composition and lithium concentration of the phyllite rocks from the Luk Ulo Complex. This will serve as a representative model for understanding the occurrence of lithium in similar rock types. The techniques employed to accomplish this objective include field surveys, petrographic, XRD, and ICP-AES/MS analysis. Phyllite in the Luk Ulo Complex is found in several locations and exhibits well-developed schistosity, characterized by a predominant mineral composition of quartz, graphite, chlorite, and white mica. The concentration of lithium in the phyllite from the Luk Ulo Complex exceeds the average concentration of lithium in the earth's crust, which typically ranges from 18.2 to 84.7 ppm. The presence of lithium in the phyllite rock is believed to be associated with the white mica minerals in the rock because the principal component analysis reveals a significant correlation between the lithium level in phyllite and the major elements K₂O, CaO, Na₂O, MgO, and Al₂O₃, which are responsible for the formation of the white mica. The phyllite rocks in the

Luk Ulo Complex have a lithium enrichment that is five times more than the concentration of lithium in the earth's crust. It is believed that this enrichment is generated from the protoliths of the phyllite rocks, which are pelitic sedimentary rocks of continental origin. The presence of lithium in the phyllite rocks of the Luk Ulo Complex makes them suitable as lithium sources. However, due to their location within the Karangsambung Geological Reserve Area, these rocks are not to be exploited.

Keywords: *Lithium, Phyllite, Luk Ulo Complex, ICP AES/MS, White Mica*

PENDAHULUAN

Pengembangan baterai litium ion menjadi salah satu prioritas investasi nasional seiring terbitnya perpres No. 55 tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (*battery electric vehicle*) untuk transportasi jalan. Berdasarkan peta jalan industri kendaraan bermotor listrik berbasis baterai yang tertuang dalam peraturan menteri perindustrian No. 6 Tahun 2022, produksi baterai litium dilakukan mulai tahun 2021 hingga tahun 2031 (Gambar 1).

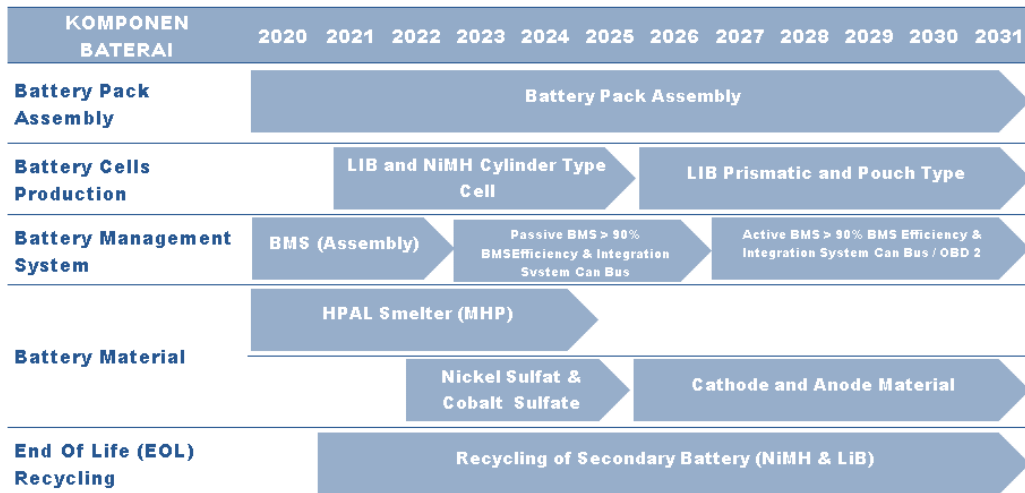
Kebijakan pemerintah untuk melakukan produksi baterai litium di Indonesia merupakan hal yang sangat realistis mengingat melimpahnya cadangan bahan baku baterai seperti nikel, kobal, tembaga, dan mangan di negara ini. Menurut PSDMBP (2022) pada tahun 2021 Indonesia memiliki cadangan logam nikel sebesar 57 juta ton, kobal sebesar 0,48 juta ton, tembaga 19 juta ton, dan mangan 57 juta ton. Produksi baterai litium ion di Indonesia akan lebih praktis jika negara ini juga memiliki cadangan litium yang digunakan sebagai katoda pada baterai tersebut.

Konsentrasi litium yang bersifat ekonomis umumnya ditemukan dalam batuan pegmatit, dalam air asin (*brines*) dan dalam mineral seperti *hectorite* dan *jaderite* (Evans, 2014). Namun demikian, penelitian terbaru juga mengungkapkan potensi litium dalam batuan metapelitik fasies sekis hijau yang lebih tinggi dari kandungan litium dalam kerak bumi yaitu 17 ppm.

Keterdapatannya litium dalam batuan metamorf fasies Sekis hijau dilaporkan oleh Qiu et al., (2011) dan Barnes et al., (2019) dengan kadar litium mencapai 25 ppm sampai dengan 107 ppm, sedangkan Pesquera et al., (2020) menemukan sumber daya litium mencapai 112,2 juta ton dengan rata-rata kandungan LiO₂ sebesar 0,61% yang berasosiasi dengan batuan metapelitik.

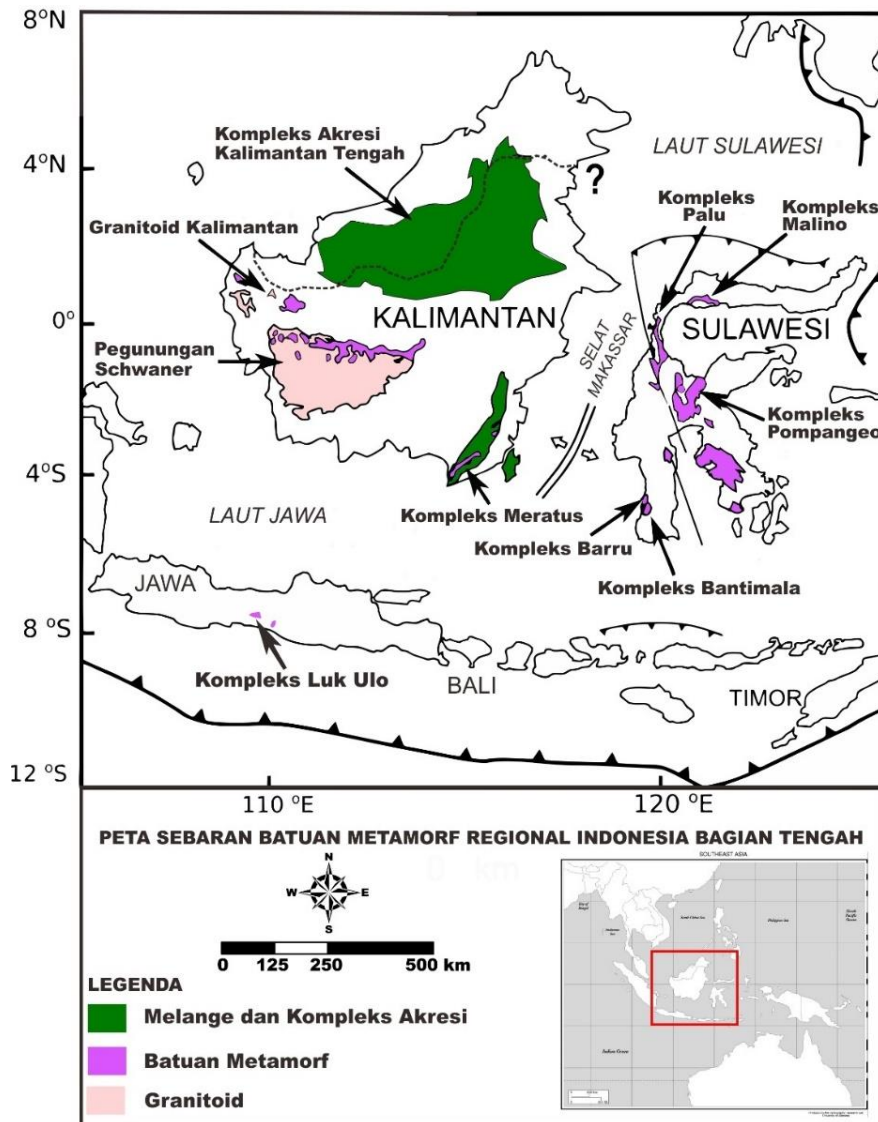
Di Indonesia, keterdapatannya litium-aluminosilikat dalam batuan metamorf terdapat pada batuan sekis Kompleks Mekongga, Sulawesi Tenggara (Florena et al., 2016) dan dalam batuan sekis mika Kompleks Luk Ulo, Kebumen dengan kadar 45,28 ppm (Natasha et al., 2021).

Identifikasi litium dalam batuan metamorf lainnya di Indonesia semestinya perlu dilakukan, karena Indonesia memiliki beragam jenis batuan metamorf di sepanjang jalur metamorfisme yang terletak di Indonesia bagian tengah (Gambar 2). Kompleks Luk Ulo, Jawa Tengah merupakan bagian dari jalur metamorfisme tersebut sehingga memiliki keragaman jenis batuan metamorf seperti batuan metabasit dan metapelitik. Batuan metapelitik yang melimpah di Kompleks Luk Ulo adalah sekis mika (Miyazaki et al., 1998; Soesilo et al., 2010) dan filit (Ketner et al., 1976; Asikin et al., 1992). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi mineralogi dan kandungan litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo sebagai model analogi keterdapatannya litium pada batuan sejenis.



Sumber: Peraturan Menteri Perindustrian No. 6 Tahun 2022 (Kementerian Perindustrian Indonesia, 2022)

Gambar 1. Peta jalan industri kendaraan bermotor listrik berbasis baterai



Sumber: Modifikasi Setiawan et al., (2013)

Gambar 2. Peta sebaran batuan metamorf regional di Indonesia bagian tengah

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengamatan lapangan, analisis laboratorium, serta analisis komponen utama (*principal component analysis*). Survei lapangan dilakukan pada Kompleks Luk Ulo yang terletak di Kabupaten Kebumen dan Banjarnegara untuk mendapatkan sebaran dan sampel batuan filit. Sampel batuan tersebut selanjutnya dilakukan analisis laboratorium yang meliputi analisis petrografi, analisis XRD, dan analisis geokimia ICP MS/AES. Analisis petrografi dan XRD bertujuan untuk mengetahui komposisi mineralogi serta tekstur batuan filit, sedangkan analisis geokimia ICP MS/AES bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur utama, unsur jejak, unsur tanah jarang, serta kandungan litium dalam batuan filit. Preparasi dan analisis petrografi dilakukan di Laboratorium optik Kawasan Koleksi Ilmiah (KKI) Geodiversitas-BRIN (Karangsambung), analisis XRD dilakukan di laboratorium Pusat Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM (Yogyakarta), sedangkan analisis geokimia ICP MS/AES dilakukan di Laboratorium ALS *Geochemistry* (Kanada). Selain analisis laboratorium, dilakukan pula analisis komponen utama (*principal component analysis*) menggunakan Ms. Excel untuk mengetahui hubungan antara litium dengan unsur utama dan unsur jejak lainnya.

GEOLOGI

Kompleks Luk Ulo merupakan Melange/bancuh yang terbentuk akibat konvergensi lempeng Indo-Australia dan Eurasia pada masa Kapur Akhir – Paleosen (Asikin et al., 1992). Kompleks tersebut tersingkap di daerah Karangsambung dan sekitarnya dan terdiri dari beragam bongkah tektonik batuan beku (basa-ultrabasa, riolitik), batuan sedimen (pelagis, silisiklastik) serta batuan metamorf (metapelitik, metabasit tekanan tinggi-sedang-rendah) yang tercampur dalam lempung hitam bersisik (Ketner et al., 1976; Suparka, 1988; Asikin et al., 1992; Wakita et al., 1994; Miyazaki et al.,

1998; Kadarusman et al., 2007; Setiawan et al., 2013). Pada bagian utara Kompleks, bongkah batuan lebih dominan dan disebut sebagai Melange Seboro, sedangkan pada bagian selatan Kompleks masa dasar lebih dominan dan disebut sebagai Melange Jatisamit. Batuan filit yang menjadi objek dalam penelitian ini ditemukan di bagian utara dan selatan Kompleks Luk Ulo.

Pengukuran umur batuan penyusun Kompleks Luk Ulo yang dilakukan oleh beberapa peneliti secara umum menunjukkan kisaran umur Kapur Akhir – Paleosen Tengah seperti pengukuran umur absolut menggunakan metode K-Ar pada batuan beku basaltik dan riolitik yang dilakukan (Suparka, 1988) dan menghasilkan kisaran umur $81,26 \pm 4,06$ jtl (Kapur Akhir) dan $67,71 \pm 3,39$ jtl (Kapur Akhir). Kandungan fosil radiolaria pada batuan rijang yang menunjukkan kisaran umur Kapur Awal-Kapur Akhir (Wakita et al., 1994) dan kandungan fosil foraminifera planktonik pada matriks lempung hitam menunjukkan kisaran umur Kapur Akhir – Paleosen Tengah (Asikin et al., 1992). Pengukuran umur menggunakan metode Rb-Sr pada batuan sekis garnet-fengit juga menunjukkan kisaran umur $118,0 \pm 0,8$ jtl (Kapur Akhir) dan $114,7 \pm 1,3$ jtl (Kapur Akhir) (Alfing et al., 2021). Beberapa studi terbaru (Ansori et al., 2019; Isyqi et al., 2019; Tuakia et al., 2024) menunjukkan umur batuan penyusun Kompleks Luk Ulo yang lebih muda. Pengukuran absolut K-Ar yang dilakukan oleh (Ansori et al., 2019) pada batuan granodiorit menunjukkan kisaran umur $48,1 \pm 1,1$ jtl (Eosen Awal), sedangkan pengukuran K-Ar pada batuan dasit yang dilakukan oleh (Isyqi et al., 2019) menunjukkan kisaran umur $48 \pm 1,7$ jtl (Eosen Awal). Tuakia et al., (2024) melakukan pengukuran umur Calcareous nannofossil pada batulempung bersisik dan menghasilkan kisaran umur Eosen Tengah – Oligosen Awal.

Kompleks Luk Ulo ditindih secara tidak selaras oleh sekuen Kenozoikum seperti Formasi Bulukuning, Formasi Karangsambung, Kompleks Larangan, Formasi Totogan, Intrusi Diabas Dakah,

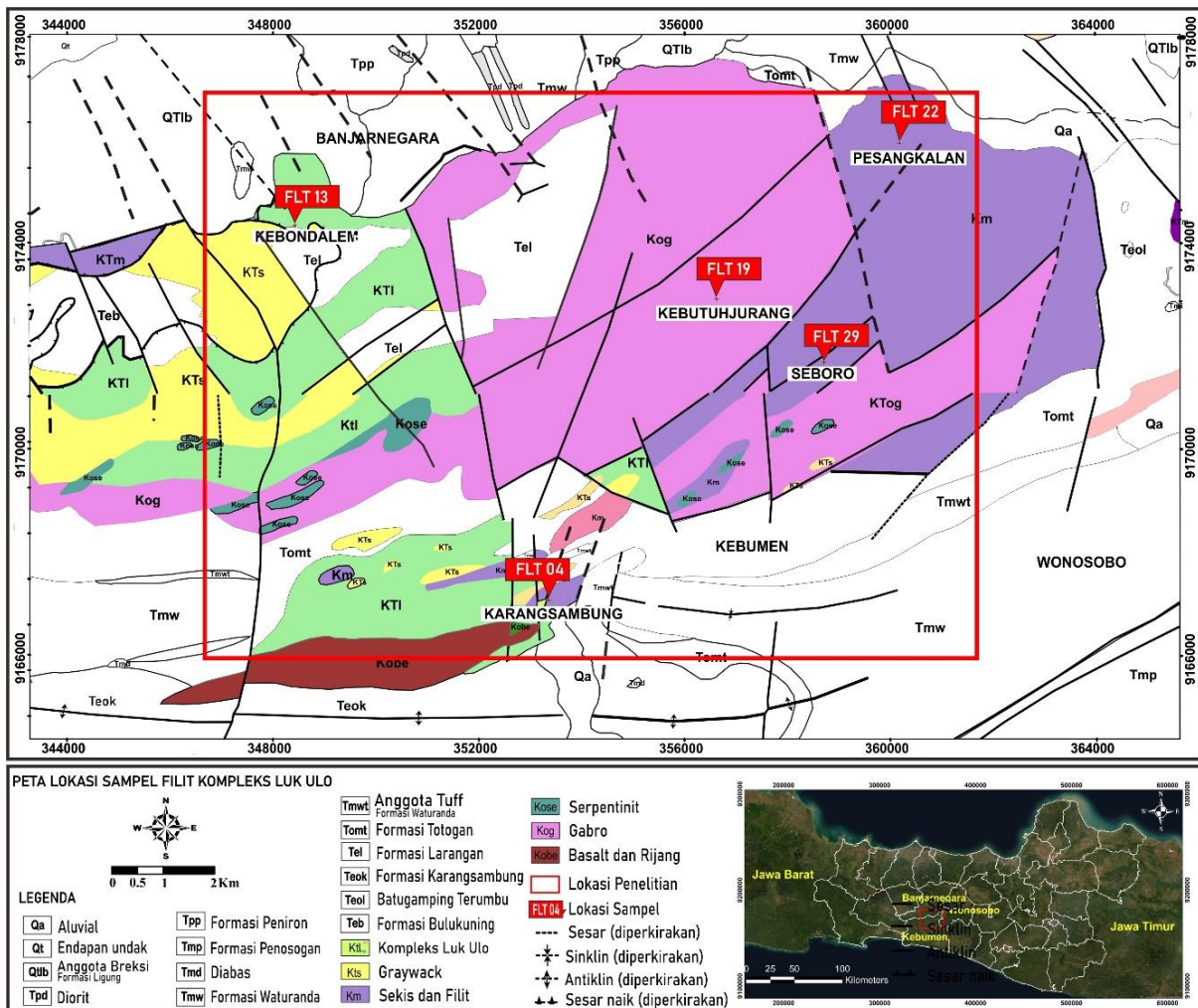
Formasi Waturanda, Formasi Penosogan, dan Formasi Halang (Asikin et al., 1992; Prasetyadi, 2007) seperti ditunjukkan pada gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan Lapangan

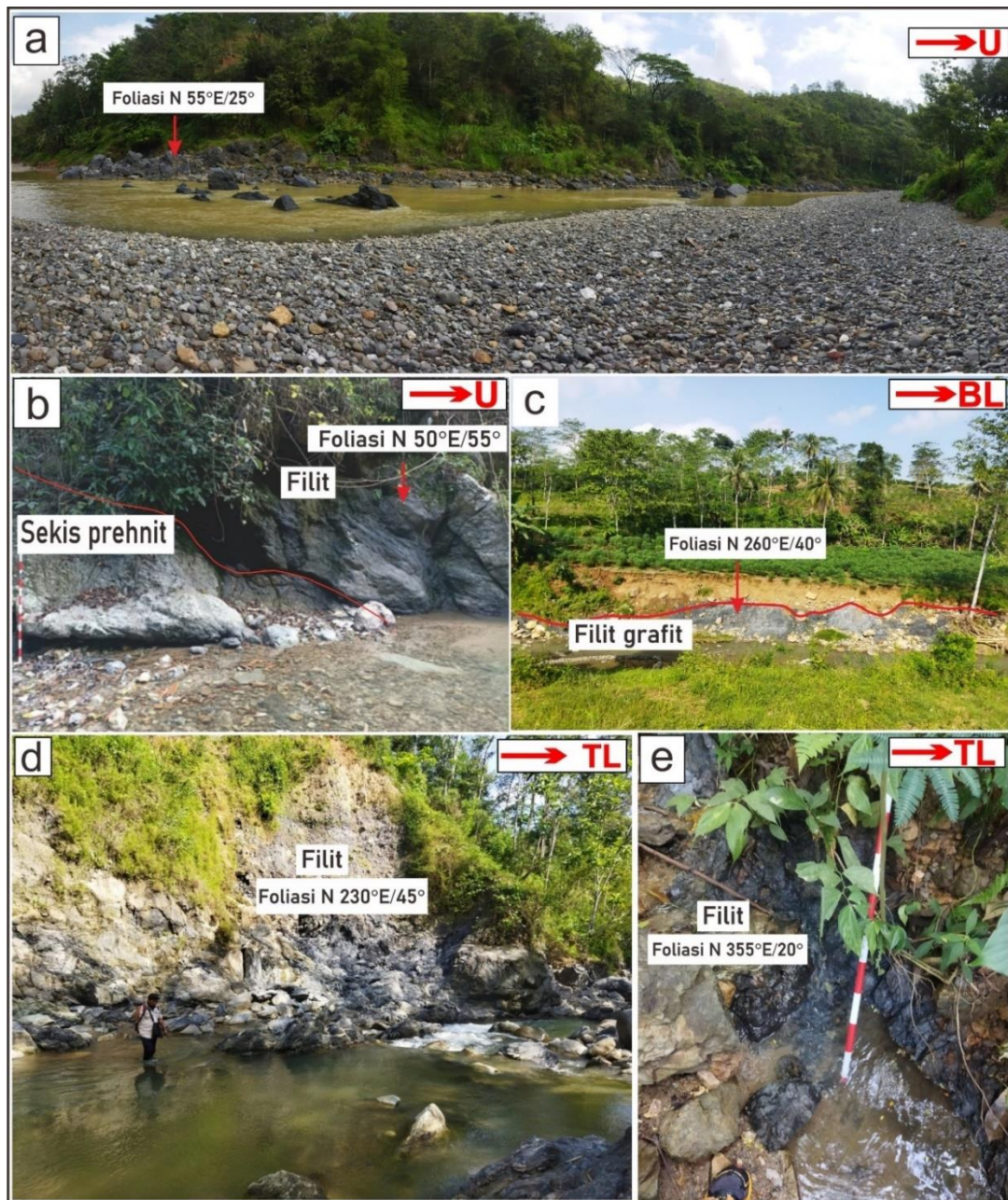
Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan batuan filit ditemukan di beberapa lokasi seperti Desa Karangsembung dan Seboro Kabupaten Kebumen, serta Desa Kebondalem, Kebutihjurang, dan Pesangkalan Kabupaten Banjarnegara (Gambar 3). Filit Kompleks Luk Ulo tersingkap sebagai batuan dasar sungai maupun sebagai bukit dengan dimensi beberapa meter hingga

mencapai 500 m (Gambar 4). Singkapan tersebut dalam kondisi segar-lapuk, dengan warna segar abu-abu gelap, dan memiliki struktur foliasi filitik. Secara umum foliasi yang terdapat pada filit Kompleks Luk Ulo memiliki arah timur laut-barat daya. Arah tersebut sesuai dengan salah satu pola struktur Pulau Jawa yaitu pola meratus dan juga searah dengan sesar mendatar sinistral Muria-Kebumen. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa *differential stress* yang membentuk foliasi pada filit Kompleks Luk Ulo kemungkinan berkaitan dengan pembentukan Sesar Meratus pada Kapur Akhir dan dan Sesar Muria-Kebumen pada Kapur Akhir–Paleosen (Satyana and Purwaningsih, 2002).



Sumber peta geologi : modifikasi Prasetyadi, (2007), Condon (1996), Asikin et al., (1992)

Gambar 3. Peta pengambilan sampel filit Kompleks Luk Ulo



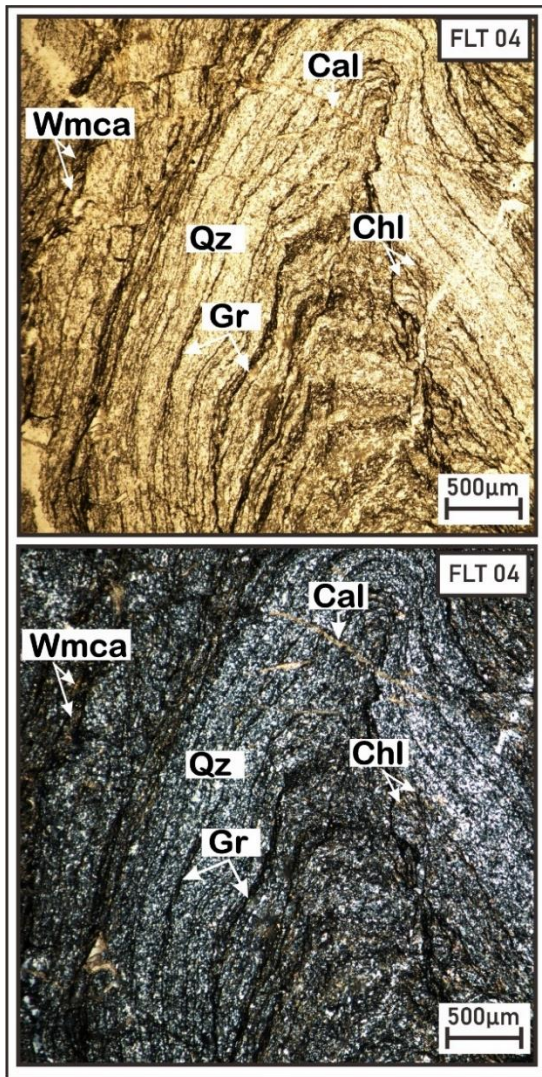
Gambar 4. Singkapan filit Kompleks Luk Ulo di daerah penelitian (a) Karangsembung (b) Seboro (c) Kebondalem (d) Kebutihjurang (e) Pesangkalan

Hasil analisis Petrografi

Analisis petrografi pada lima sampel batuan filit dari lima lokasi yang berbeda (Tabel 1). Analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan filit Kompleks Luk ulo menunjukkan skistositas yang berkembang cukup baik dengan ukuran mineral sangat halus–halus (0,01 mm s.d. 0,8 mm), dan memiliki tekstur lepidoblastik. Komposisi mineral utama terdiri dari kuarsa (23% s.d. 40%), grafit (11% s.d. 21%), klorit (13% s.d. 16%), dan mika putih (14% s.d. 25%)

seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kenampakan skistositas yang baik terbentuk oleh mineral-mineral utama tersebut (Gambar 5). Mineral aksesoris yang teramati antara lain adalah albit, apatit, k-feldspar, opak, rutil dan sfen/titanit. Sedangkan mineral sekunder yang terdapat pada filit adalah mineral kalsit yang hadir sebagai urat pada batuan tersebut. Struktur mikro *crenulation* teramati pada beberapa sayatan tipis filit Kompleks Luk Ulo. Kehadiran mineral

klorit, mika putih, dan albit dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo menunjukkan bahwa batuan tersebut termasuk dalam Fasies Sekishijau karena mineral klorit, mika putih, dan albit merupakan mineral indeks penciri Fasies Sekishijau (Bucher and Grapes, 2011).

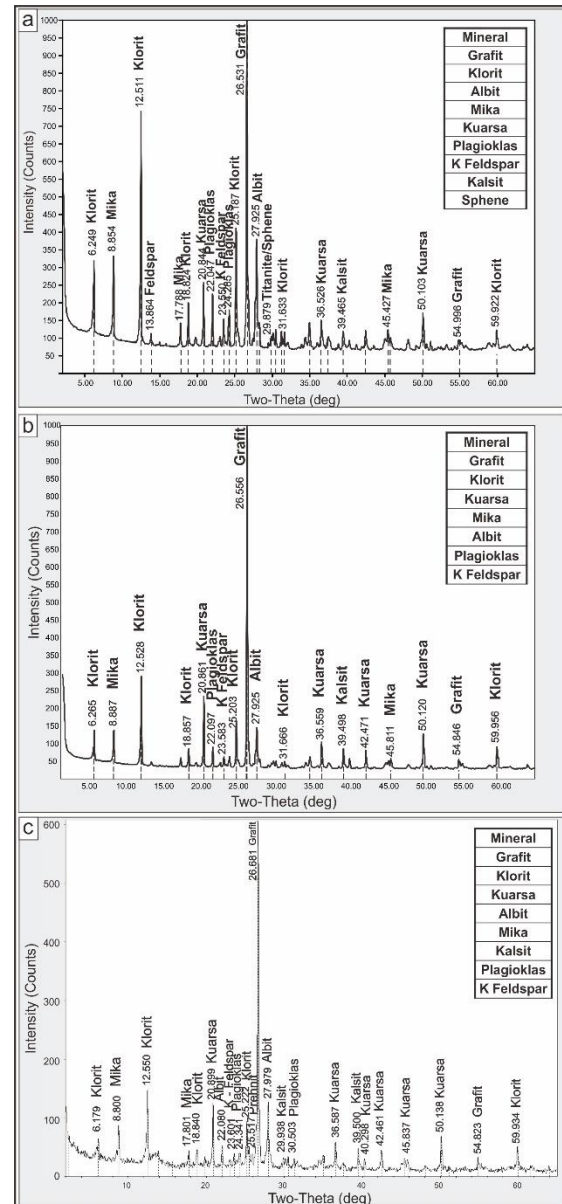


Gambar 5. Fotomikrograf sayatan tipis sampel FLT 04 menunjukkan komposisi mineral utama kuarsa (Qz), grafit (Gr), klorit (Chl), dan mika putih (Wmca) yang membentuk skistositas cukup baik dan memiliki struktur mikro *crenulation*

Hasil Analisis XRD

Analisis XRD dilakukan pada tiga sampel batuan filit yaitu sampel dari Karangsembung, Kebondalem dan dari

Seboro. Hasil analisis XRD dari ketiga sampel tersebut menunjukkan kumpulan mineral yang hampir sama dengan hasil pengamatan petrografi yaitu menunjukkan kumpulan mineral grafit, klorit, albit, mika, kuarsa, plagioklas, k-feldspar, kalsit, dan sfen seperti ditunjukkan Gambar 6 dan Tabel 2.



Gambar 6. Hasil analisis XRD filit Kompleks Luk Ulo menunjukkan kumpulan mineral grafit, klorit, albit, mika, kuarsa, plagioklas, k-feldspar, kalsit, dan sfen, (a) sampel Karangsembung, (b) sampel Kebondalem (c) sampel Seboro

Tabel 1. Hasil pengamatan petrografi batuan filit kompleks Luk Ulo
 Mineral *abbreviations*: Ab= Albit, Ap= Apatit, Cal= Kalsit, Chl= Klorit, Gr= Grafit, Kfs=K Feldspar, Opq= Mineral opak, Qz= Kuarsa, Rt= Rutil, Spn=Sfen/titanit, Wmca= Mika Putih

No ID Sampel	Lokasi	Mineral Primer (%)										Mineral Sekunder (%)		Nama Batuan (IUGS 2007)
		Ab	Ap	Chl	Gr	Kfs	Opq	Qz	Rt	Spn	Wmca	Cal		
1	FLT 04	Karangsambung	7	3	16	21	-	4	32	3	-	14	-	Chl-Ph -Gr Phyllite
2	FLT 13	Kebondalem	6	3	16	11	5	3	23	3	-	25	5	Gr-Chl-Ph Phyllite
3	FLT 19	Kebutihjurang	7	-	13	21	-	5	34	-	-	20	-	Chl-Ph -Gr Phyllite
4	FLT 22	Pesangkalan	7	-	15	11	-	5	40	-	-	19	3	Gr-Chl- Ph Phyllite
5	FLT 29	Seboro	7	3	16	18	-	5	30	-	3	18	-	Chl-Gr-Ph Phyllite

Tabel 2. Kumpulan mineral hasil analisis XRD pada batuan filit Kompleks Luk Ulo
 Catatan Kelimpahan Mineral: ■ melimpah > 500, ▲ Sedang 100 - 500,
 ● Sedikit < 100, - absent

Nama Mineral	FLT 04	FLT 13	FLT 29
Albit	▲	▲	●
Feldspar	-	●	-
Grafit	■	■	■
Kalsit	●	-	-
K-Feldspar	▲	●	●
Klorit	■	▲	▲
Kuarsa	▲	▲	▲
Mika	▲	▲	▲
Plagioklas	▲	●	●
Sfen	●	-	-

Tabel 3. Kandungan litium (ppm), unsur utama (%), dan unsur jejak (ppm), dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo

Sampel	FLT 04	FLT 13	FLT 19	FLT 22	FLT 29
Li (ppm)	18,20	84,70	35,40	39,00	20,60
(%)	FLT 04	FLT 13	FLT 19	FLT 22	FLT 29
SiO ₂	62.70	66.10	62.20	70.20	67.90
Al ₂ O ₃	14.95	14.55	14.9	13.25	13.65
Fe ₂ O ₃ *	6,57	6,05	4,31	5,56	7,27
CaO	0,44	1,48	0,96	1,3	1,02
MgO	2,11	4,29	1,88	1,96	2,88
Na ₂ O	1,85	2,75	2,53	1,45	2,53
K ₂ O	2,98	3,74	2,96	2,90	2,47
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,65	0,64	0,63	0,65	0,70
MnO	0,15	0,14	0,09	0,11	0,26
P ₂ O ₅	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11
SrO	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01
BaO	0,03	0,09	0,03	0,04	0,03
LOI	6,44	4,43	3,82	4,17	6,53
Total	101,98	100,82	100,76	99,81	101,46

* Semua Fe dihitung sebagai Fe³⁺

(ppm)	FLT 04	FLT 13	FLT 19	FLT 22	FLT 29
Ce	43,00	56,30	41,20	55,10	44,90
Cr	71,00	86,00	77,00	76,00	69,00
Cs	6,95	3,67	8,10	7,77	4,27
Dy	3,06	3,96	3,27	4,19	4,05
Er	1,81	2,61	2,04	2,61	2,48
Eu	0,87	0,90	0,82	0,99	1,04
Ga	17,40	15,10	15,20	17,60	19,00

Sampel	FLT 04	FLT 13	FLT 19	FLT 22	FLT 29
Gd	3,44	4,39	3,25	4,14	3,91
Ge	1,20	1,30	1,10	1,50	0,90
Hf	3,61	5,91	4,37	4,55	3,99
Ho	0,59	0,87	0,68	0,87	0,84
La	19,50	25,50	20,30	25,10	20,5
Lu	0,31	0,41	0,33	0,37	0,41
Nb	7,87	10,75	8,54	8,87	7,93
Nd	18,40	24,02	17,50	23,70	19,90
Pr	4,95	6,46	4,79	6,29	5,16
Rb	119,50	106,50	148,50	133,00	107,50
Sc	16,90	15,60	16,30	16,20	21,50
Sm	3,77	5,48	3,55	5,10	4,50
Sn	2,00	2,80	2,20	2,20	2,50
Sr	52,40	118,50	60,20	61,50	81,70
Ta	0,40	0,70	0,50	0,50	0,40
Tb	0,50	0,67	0,51	0,64	0,61
Th	6,96	3,125	8,11	7,78	4,17
Tm	3,06	3,15	3,27	4,20	4,39
U	1,82	2,61	2,04	2,61	2,49
V	6,96	3,12	8,11	7,78	4,17
W	3,06	3,15	3,27	4,20	4,39
Y	1,82	2,61	2,04	2,61	2,49
Yb	0,87	0,90	0,82	0,99	1,05
Zr	17,50	15,10	15,20	17,70	19,10
La/Yb	19,52	22,41	28,33	24,76	25,35
Th/Sc	0,19	0,41	0,20	0,50	0,48
Th/La	0,20	0,36	0,12	0,40	0,31

Hasil Analisis ICP AES/MS

Kandungan litium, unsur utama, dan unsur jejak batuan filit Kompleks Luk Ulo tersaji pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa konsentrasi litium dalam filit merentang antara 18,2 ppm sampai dengan 84,7 ppm, dengan kandungan tertinggi terdapat dalam sampel FLT 13 dari Kebondalem dan kandungan terendah terdapat dalam sampel FLT 04 dari Karangsembung.

Hasil Analisis Komponen Utama

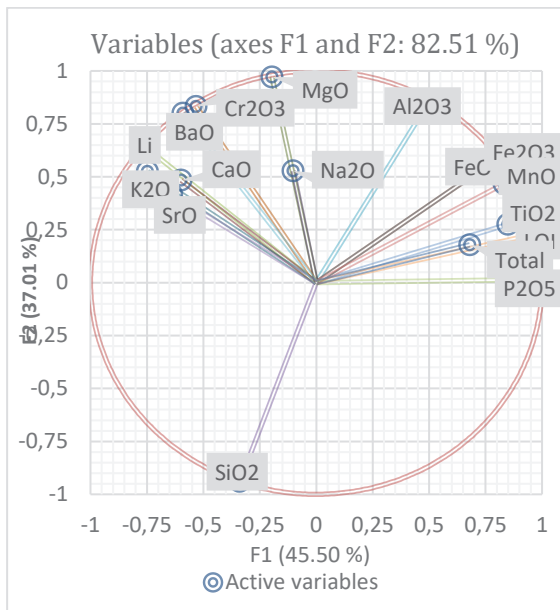
Untuk mengetahui model kehadiran litium dalam filit Kompleks Luk Ulo dilakukan analisis komponen utama (*principal component analysis*) dengan parameter unsur litium, unsur utama, dan unsur jejak batuan filit.

Berdasarkan analisis komponen utama diketahui bahwa unsur litium pada batuan filit Kompleks Luk Ulo memiliki korelasi positif dengan unsur utama BaO, Cr₂O₃, K₂O, CaO, MgO, SrO, Na₂O, dan Al₂O₃ seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dan

Gambar 7. Sedangkan bila dikorelasikan dengan kandungan unsur jejak, litium pada filit Kompleks Luk Ulo berkorelasi positif dengan unsur Ba, Ce, Cr, Dy, Er, Gd, Ge, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, U, dan Y seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 8.

Tabel 4. Tabel korelasi analisis komponen utama unsur litium dan unsur utama filit Kompleks Luk Ulo

Variabel	Li
Li	1
SiO ₂	-0,349
Al ₂ O ₃	0,167
Fe ₂ O ₃	-0,229
CaO	0,780
MgO	0,778
Na ₂ O	0,423
K ₂ O	0,901
Cr ₂ O ₃	0,940
TiO ₂	-0,462
MnO	-0,328
P ₂ O ₅	-0,673
SrO	0,760
BaO	0,966
LOI	-0,577
Total	-0,414

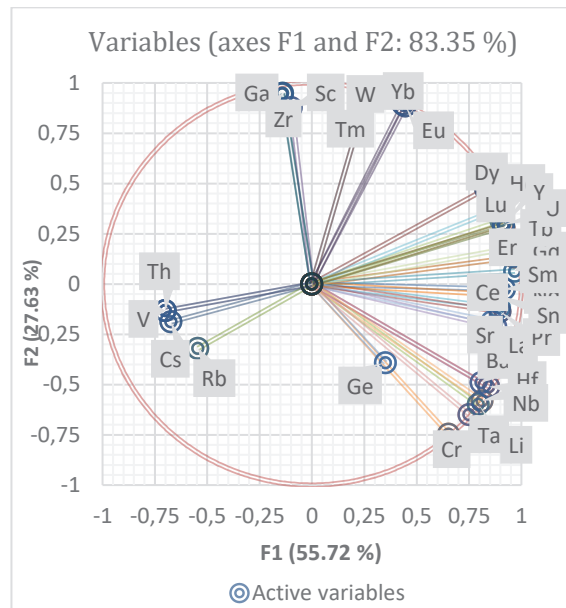


Gambar 7. Diagram korelasi analisis komponen utama unsur litium dan unsur utama filit Kompleks Luk Ulo

Tabel 5. Tabel korelasi analisis komponen utama unsur litium dan unsur jejak filit Kompleks Luk Ulo

Variabel	Li
Li	1
Ba	0,948
Ce	0,744
Cr	0,971
Cs	-0,461
Dy	0,369
Er	0,557
Eu	-0,186
Ga	-0,699
Gd	0,670
Ge	0,441
Hf	0,990
Ho	0,532
La	0,795
Lu	0,504
Nb	0,999
Nd	0,713
Pr	0,761
Rb	-0,250
Sc	-0,565
Sm	0,711
Sn	0,759
Sr	0,831
Ta	0,996
Tb	0,658
Th	-0,515
Tm	-0,339

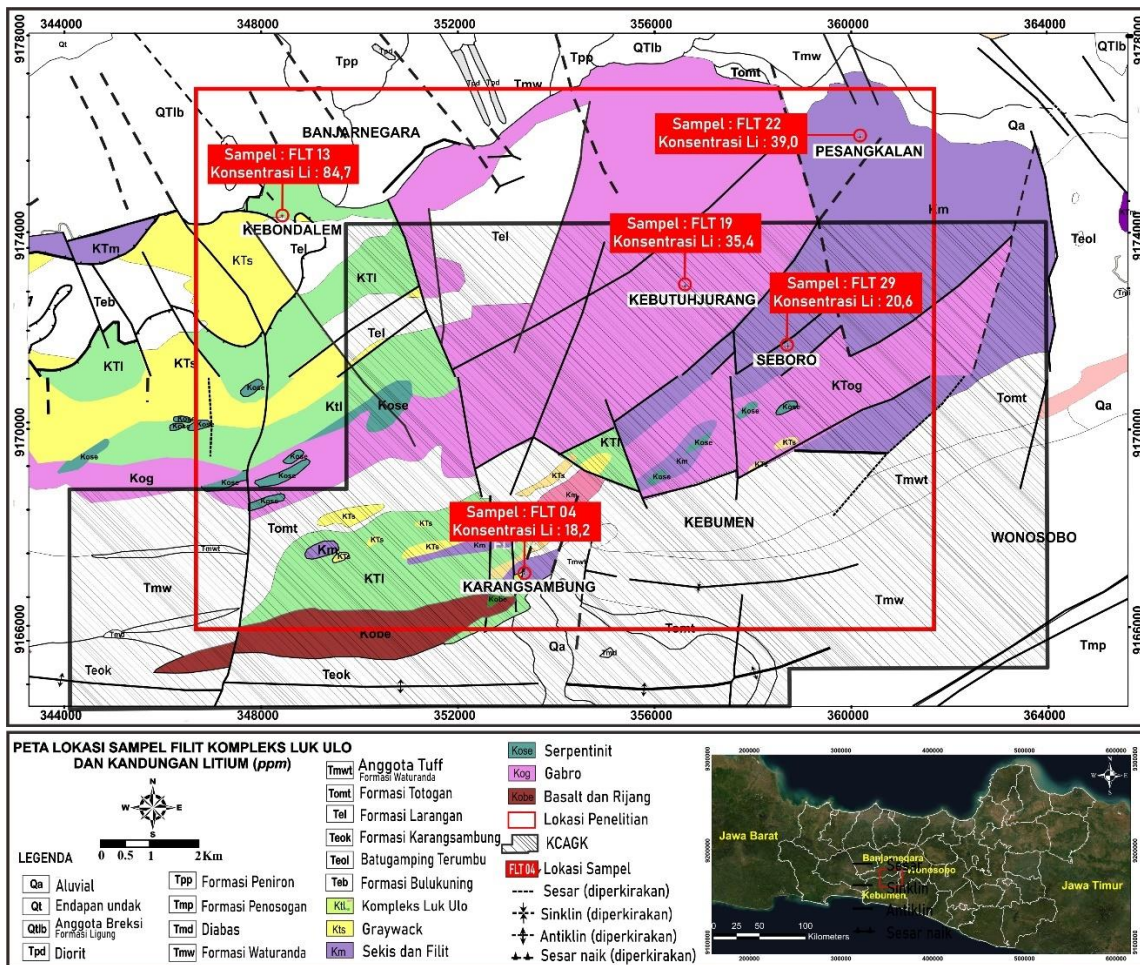
Variabel	Li
U	0,550
V	-0,515
W	-0,339
Y	0,550
Yb	-0,199
Zr	-0,701



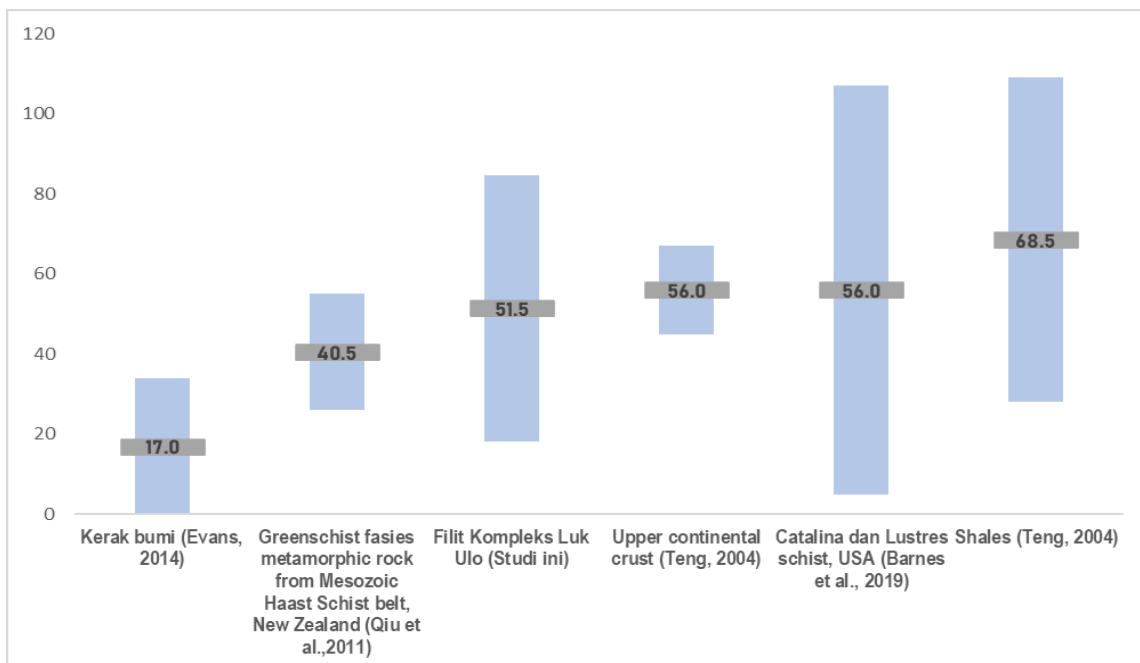
Gambar 8. Diagram korelasi analisis komponen utama unsur litium dan unsur jejak filit Kompleks Luk Ulo

PEMBAHASAN

Batuan filit Kompleks Luk Ulo memiliki kandungan litium dengan konsentrasi yang berbeda-beda (Gambar 9). Berdasarkan peta tersebut, batuan filit yang terletak di bagian utara daerah penelitian cenderung memiliki konsentrasi litium yang lebih tinggi dibandingkan batuan filit yang terletak di bagian selatan daerah penelitian. Meskipun memiliki konsentrasi litium yang berbeda-beda, namun kandungan litium dalam filit Kompleks Luk Ulo secara umum memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi rata-rata litium dalam kerak bumi yaitu 17 ppm (Evans, 2014) seperti ditunjukkan dalam Gambar 10. Perbedaan konsentrasi litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo dapat terjadi karena perbedaan prosentase mineral pembawa litium dan komposisi geokimia masing-masing sampel.



Sumber peta geologi: modifikasi Prasetyadi, (2007), Condon (1996), Asikin et al., (1992)
Gambar 9. Peta persebaran konsentrasi litium daerah penelitian



Gambar 10. Kelimpahan litium dalam filit Kompleks Luk Ulo dibandingkan dengan batuan lain

Mineral Pembawa Litium

Litium merupakan unsur yang tidak ditemukan secara bebas di alam, melainkan dijumpai dalam bentuk senyawa dalam suatu mineral. Dalam studi ini, mineral mika putih diinterpretasikan sebagai mineral pembawa litium pada batuan filit Kompleks Luk Ulo. Interpretasi tersebut didasarkan atas hasil analisis komponen utama yang menunjukkan korelasi positif antara unsur litium dengan unsur utama K₂O, CaO, Na₂O, MgO, dan Al₂O₃.

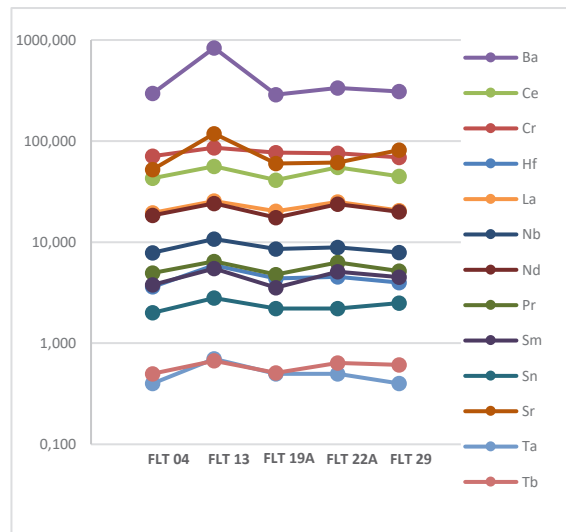
Unsur K₂O, CaO, Na₂O, MgO, dan Al₂O₃ merupakan unsur utama penyusun mineral mika putih. Secara umum mineral mika memiliki formula $IM_{2-3}□_{1-0}T_4O_{10}A_2$, dimana unsur K, Ca, dan Na merupakan unsur yang umum mengisi gugus I, unsur Al sangat umum mengisi gugus T, sedangkan litium merupakan salah satu unsur yang umum mengisi gugus M pada ikatan senyawa tersebut (Rieder et al., 1998).

Korelasi positif antara unsur litium dengan mineral mika putih tercermin dalam tabel komposisi mineralogi batuan filit (Tabel 1). Dalam tabel tersebut, sampel FLT 13 dari Kebondalem yang memiliki kandungan litium paling tinggi juga memiliki prosentase mineral mika putih yang lebih tinggi dari sampel lokasi lain. Sampel tersebut juga memiliki kandungan unsur Ba, Ce, Cr, Hf, La, Nb, Nd, Pr, Sm, Sn, Sr, Ta, dan Tb yang paling tinggi dibandingkan pada sampel dari lokasi lain (Gambar 11). Unsur-unsur tersebut merupakan unsur-unsur yang berkorelasi positif dengan litium berdasarkan analisis komponen utama.

Mineral mika yang diketahui mengandung litium diantaranya adalah mineral *lepidolite* (K(Li,Al)₃(Si,Al)₄O₁₀(F,OH)₂), *zinnwaldite* (K₂Al₂Fe₂Li₂Al₂Si₆O₂₀(OH,F)₄), dan *lithium-phengite* (2K₂LiFe_{1.5}Al_{2.5}Si_{6.5}Al_{1.5}O₂₀(OH,F)₄).

Mineral *lepidolite* dan *zinnwaldite* umumnya ditemukan sebagai mineral primer dalam batuan pegmatit granitik, sedangkan mineral *lithium-phengite* ditemukan sebagai mineral sekunder

akibat pengaruh metamorfisme (Petrik et al., 2014).



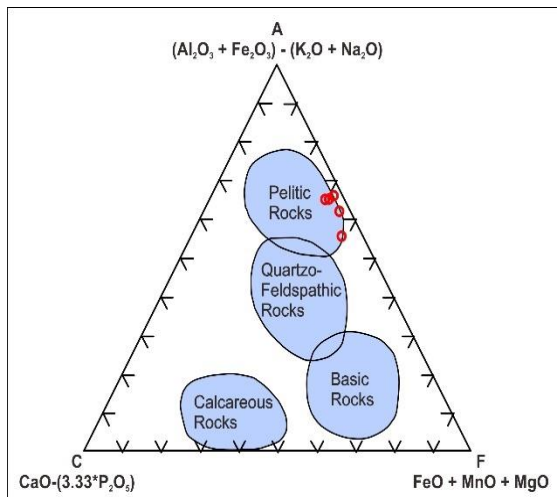
Gambar 11. Diagram pencar yang menunjukkan kandungan unsur jejak Ba, Ce, Cr, Hf, La, Nb, Nd, Pr, Sm, Sn, Sr, Ta, dan Tb pada filit Kebondalem (FLT 13) memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding pada lokasi lain

Sumber Pengkayaan Litium

Sumber litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo diperkirakan berasal dari batuan asal (*protolith*) yang memang mengandung konsentrasi litium tinggi. Berdasarkan hasil plotting data unsur utama pada diagram diskriminasi ACF oleh Eskola (1915) menunjukkan bahwa batuan asal pembentuk filit Kompleks Luk Ulo adalah batuan sedimen pelitik (Gambar 12). Rasio unsur jejak La/Yb, Th/Sc, dan Th/La pada batuan Filit Kompleks Luk Ulo secara umum memiliki nilai yang tinggi (Tabel 3), jika dibandingkan dengan dengan rasio La/Yb, Th/Sc, dan Th/La pada batuan *Post Archaean Australian Shales (PAAS)*, La/Yb= 9.30; Th/Sc= 0.90; Th/La= 0.35, Taylor and McLennan, 1985) mengindikasikan provenance asal benua (Qiu et al., 2009).

Konsentrasi rata-rata litium dalam filit Kompleks Luk ulo sebesar 51,5 ppm memang mendekati konsentrasi rata-rata litium dalam kerak benua bagian atas yaitu sebesar 56 ppm (Gambar 10). Jika dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi

litium pada *shale* sebesar 68,5 ppm, kandungan litium pada filit Kompleks Luk Ulo juga tidak berbeda jauh. Hal tersebut membuktikan bahwa *protolith* filit Kompleks Luk Ulo yang berupa sedimen pelitik asal benua merupakan sumber pengkayaan litium pada batuan tersebut.



Gambar 12. Plot data unsur utama batuan filit Kompleks Luk Ulo dalam diagram ACF Eskola (1915) menunjukkan protolith sedimen pelitik

Pada pembentukan filit Kompleks Luk Ulo, batuan sedimen pelitik tersebut akan mengalami proses metamorfisme regional sehingga berubah menjadi batuan metamorf Fasies Sekishijau. Namun demikian, menurut (Qiu et al., 2011) proses metamorfisme pada Fasies sub Sekishijau sampai Fasies Sekishijau tidak mengubah mobilitas dan konsentrasi Li secara signifikan.

Batuan filit Kompleks luk Ulo memiliki pengkayaan litium yang membuatnya berpotensi menjadi *raw-material* penyediaan mineral strategis litium dalam negeri. Namun demikian karena sebagian besar lokasi filit berada di Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsembung (KCAGK, Gambar 9), maka batuan tersebut tidak dapat dieksploitasi walaupun memiliki pengkayaan litium. Hal ini karena berdasarkan Kepmen ESDM No. 2817 K/40/MEM/2006, KCAGK merupakan kawasan lindung geologi sehingga pemanfaatan kekayaan geologi di kawasan

tersebut lebih ditujukan untuk menunjang pengembangan ilmu pengetahuan di bidang geologi dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup. Meskipun demikian, data kandungan litium batuan filit dalam penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan identifikasi litium pada batuan sejenis lainnya di Indonesia.

KESIMPULAN

Batuan metapelitik filit ditemukan di beberapa lokasi di Kompleks Luk Ulo seperti di Desa Karangsembung, Seboro, Kebondalem, Kebutuhjurang dan Pesangkalan. Batuan tersebut memiliki komposisi mineralogi utama yang terdiri dari mineral kuarsa, grafit, klorit dan mika putih yang membentuk skistositas yang cukup baik. Batuan filit Kompleks Luk Ulo terindikasi memiliki kandungan litium berdasarkan analisis ICP AES/MS dengan konsentrasi yang merentang antara 18,2 ppm sampai dengan 84,7 ppm. Mineral mika putih diinterpretasikan sebagai pembawa unsur litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo karena unsur litium terbukti berkorelasi positif dengan unsur penyusun mineral tersebut yaitu unsur utama K_2O , CaO , Na_2O , MgO , dan Al_2O_3 . Pengkayaan litium dalam filit Kompleks Luk Ulo diperkirakan bersumber dari *protolith* yaitu sedimen pelitik asal benua. Kandungan litium dalam batuan filit Kompleks Luk Ulo dapat dijadikan dasar untuk melakukan identifikasi litium pada batuan metapelitik lain di sepanjang jalur metamorfisme Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Beasiswa SAINTEK 2021 dan program hibah penelitian Fakultas Teknik UGM dengan nomor kontrak 1501407/UN1.FTK/SK/HK/2022. Penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada BRIN KKI Geodiversitas Sukendar Asikin – Karangsembung karena telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di kawasan cagar alam geologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfing, J., Bröcker, M., Setiawan, N.I., 2021. *Rb–Sr geochronology of metamorphic rocks from the Central Indonesian Accretionary Collision Complex: Additional age constraints for the Meratus and Luk Ulo complexes (South Kalimantan and Central Java)*. *Lithos* 388–389. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.105971>
- Ansori, C., Godang, S., Hastria, D., Isyqi, 2019. *Protolith Oceanic Island Arc dari Granitoid Tipe M dan I di Karangsembung, Kebumen, Jawa Tengah*. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* 20, 249–262. <https://doi.org/10.33332/jgsm.v20.4.249-262p>
- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, Gafoer, S., 1992. *Geologic Map of the Kebumen Quadrangle, Jawa, Scale 1: 100.000*. Geological Research and Development Center of Indonesia, Bandung.
- Barnes, J.D., Penniston-Dorland, S.C., Bebout, G.E., Hoover, W., Beaudoin, G.M., Agard, P., 2019. *Chlorine and lithium behavior in metasedimentary rocks during prograde metamorphism: A comparative study of exhumed subduction complexes (Catalina Schist and Schistes Lustrés)*. *Lithos* 336–337, 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.03.028>
- Bucher, K. and, Grapes, R., 2011. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, 8th ed. Springer, New York. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(75\)90141-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(75)90141-6)
- Condon, W.H. et al, 1996. Peta geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, Jawa Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Eskola, P., 1915. *On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region*. *Bulletin de la Commission geologique de Finlande* 44, 109–145.
- Evans, K., 2014. *Lithium, in: Critical Metals Handbook*. pp. 230–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118755341.ch10>
- Isyqi, I., Ansori, C., Hastria, D., Wardhani, F.A., Al' Afif, M., Hidayat, E., Puswanto, E., 2019. *Petrologi dan Geokimia Batuan Dasit Komplek Mélange Luk Ulo*. *RISSET Geologi dan Pertambangan* 29, 27. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2019.v29.968>
- Kadarusman, A., Massonne, H.J., Van Roermund, H., Permana, H., Munasri, 2007. *P-T evolution of eclogites and blueschists from the Luk Ulo complex of central Java, Indonesia*. *Int Geol Rev* 49, 329–356. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.49.4.329>
- Kementerian Perindustrian Indonesia, 2002. Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 6 Tahun 2022 tentang Spesifikasi, Peta Jalan Pengembangan, dan Ketentuan Penghitungan Nilai Tingkat Komponen Dalam Negeri Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle).
- Ketner, K.B., Modjo, S., Naeser, C., Obradovich, J., Robinson, K., Suptandar, T., 1976. *Pre-Eocene rocks of Java, Indonesia*. *Journal of Research of the US Geological Survey* 605–614.
- Miyazaki, K., Sopaheluwakan, J., Zulkarnain, I., Wakita, K., 1998. *A jadeite-quartz-glaucophane rock from Karangsembung, central Java, Indonesia*. *Island Arc* 7, 223–230. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1738.1998.00164.x>
- Natasha, N.C., Lalasari, L.H., Andriyah, L., Arini, T., Yunita, F., Haryono, D., Rinanda, F., 2021. *The Use Of Mica Schist From Indonesia As Raw Material For Lithium Extraction Process Using Sulfate Roasting And Acid Leaching*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 3, 80–88. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231071>

- Pesquera, A., Roda-Robles, E., Gil-Crespo, P.P., Valls, D., Ruiz, J.T., 2020. *The metasomatic enrichment of Li in psammopelitic units at San José-Valdeflórez, Central Iberian Zone, Spain: a new type of lithium deposit*. *Sci Rep* 10, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67520-6>.
- Petrik, I., Čik, Š., Miglierini, M., Vaculovič, T., Dianiška, I., Ozdín, D., 2014. *Alpine oxidation of lithium micas in Permian S-type granites (Gemic unit, Western Carpathians, Slovakia)*. *Mineral Mag* 78, 507–533. <https://doi.org/10.1180/minmag.2014.078.3.03>.
- Prasetyadi, C., 2007. *Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur (Disertation)*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- PSDMBP, 2022. *Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara Gambut dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2021*. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), Bandung.
- Qiu, L., Rudnick, R.L., Ague, J.J., McDonough, W.F., 2011a. *A lithium isotopic study of sub-greenschist to greenschist facies metamorphism in an accretionary prism, New Zealand*. *Earth Planet Sci Lett* 301, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.11.001>.
- Qiu, L., Rudnick, R.L., Ague, J.J., McDonough, W.F., 2011b. *A lithium isotopic study of sub-greenschist to greenschist facies metamorphism in an accretionary prism, New Zealand*. *Earth Planet Sci Lett* 301, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.11.001>.
- Qiu, L., Rudnick, R.L., McDonough, W.F., Merriman, R.J., 2009. *Li and $\delta^{7}\text{Li}$ in mudrocks from the British Caledonides: Metamorphism and source influences*. *Geochim Cosmochim Acta* 73, 7325–7340. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2009.08.017>.
- Rieder, M., Cavazzini, G., Yakonov, Y.S.D., Frank-kamenetskii, V.A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P.W., Moller, G., Neiva, A.N.A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z.K., Wones, D.R., 1998. *Nomenclature of The Micas*. *Clays Clay Miner* 46, 586–595.
- Satyana, A.H., Purwaningsih, M.E.M., 2002. *Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar*, in: Indonesian Association of Geologists (IAGI) Yogyakarta – Central Java Section “Geology of Yogyakarta and Central Java.”
- Setiawan, N.I., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Yonemura, K., Yoshimoto, A., Wahyudiono, J., Mamma, K., 2013. *An overview of metamorphic geology from central Indonesia: Importance of South Sulawesi, Central Java and South-West Kalimantan metamorphic terranes*. *Bulletin of the Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University* 19, 39–55.
- Soesilo, J., Suparka, E., Abdullah, C.I., Schenk, V., 2010. *Petrology and Geochemistry of the Quartz-White Mica Schists in the Luk Ulo Melange Complex, Central Java*. *Buletin Geologi* 40.
- Suparka, E., 1988. *Studi petrologi dan pola kimia kompleks ofiolit Karangsambung Utara, Luh ulu, Jawa Tengah (Ph.D Disertation)*. Bandung Institute of Technology Indonesia, Bandung. <https://doi.org/10.31227/osf.io/vfds3>.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell Scientific Pub., Palo Alto, CA, United States.
- Tuakia, M.Z., Rendy, Santoso, W.D., Puswanto, E., Yuwono, F.S., Sapiie, B., Dianto, A., 2024. *Outcrop to petrography scale and new age constraint of the Jatisamit Mélange in the Luk Ulo area, Central Java, Indonesia*. *Australian Journal of*

Earth Sciences 71, 100–113.
<https://doi.org/10.1080/08120099.2023.2273419>.

Wakita, K., Munasri, Bambang, W., 1994.
Cretaceous radiolarians from the

Luk-Ulo Melange Complex in the Karangsembung area, central Java, Indonesia, Journal of Southeast Asian Earth Sciences.

Diterima : 29 Maret 2024 Direvisi : 14 Mei 2024 Disetujui : 31 Agustus 2024
