

**POLA STRUKTUR GEOLOGI PEMBENTUK ZONA MINERALISASI DI BUKIT RANDU,
KECAMATAN SELOGIRI, KABUPATEN WONOGIRI, JAWA TENGAH**

**GEOLOGICAL STRUCTURE PATTERNS FOR THE MINERALIZATION ZONE IN BUKIT
RANDU, SELOGIRI DISTRICT, WONOGIRI REGENCY, CENTRAL JAVA**

**Asmoro Widagdo, Gentur Waluyo, Rachmad Setijadi,
Mochammad Aziz, dan Huzaely Latief Sunan**
Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto
asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Mineralisasi di daerah Bukit Randu dan sekitarnya terbentuk oleh struktur geologi dengan pola yang perlu diselidiki. Penelitian ini menggunakan data gores-garis sesar, kedudukan urat kuarsa serta kedudukan uratan kuarsa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola struktur utama pembentuk zona mineralisasi. Penelitian ini berguna untuk menentukan model struktur geologi di daerah Bukit Randu. Metode penelitian dilakukan melalui pengumpulan data di lapangan dan analisis di laboratorium. Pengumpulan data lapangan mencakup pengukuran data gores-garis, pengukuran kedudukan urat (*vein*) kuarsa, pengukuran uratan (*veinlet*) kuarsa dan pengambilan conto urat (*vein*) kuarsa. Analisis laboratorium meliputi analisis stereografis terhadap terhadap gores-garis dan analisis diagram bunga terhadap data pengukuran urat (*vein*) dan uratan (*veinlet*), dan mineragrafi asahan poles urat (*vein*). Mineralisasi urat dan uratan kuarsa di daerah Bukit Randu dikontrol oleh sesar mendatar kanan berarah barat-laut-tenggara dan sesar normal utara-selatan. Zona mineralisasi ini merupakan zona transtensi berarah utara-selatan akibat *en-echelon right stepping* sesar mendatar kanan. Mineral logam mulia hadir pada urat-urat berarah utara-selatan searah dengan arah sesar-sesar normal.

Kata kunci: mineralisasi, gores-garis, urat, uratan, sesar

ABSTRACT

Mineralization in the Bukit Randu area and its surroundings is formed by geological structures to be investigated. This study uses data on fault striation, quartz vein plane and quartz veinlet plane. This study aims to determine the main structural pattern forming the mineralization zone. This research is useful for determining the geological structure model in the Randu Hill area. The research method was carried out through data collection in the field and analysis in the laboratory. Field data collection includes striation data measurement, quartz vein plane measurement, quartz veinlet plane and quartz vein sampling. Laboratory analysis includes stereographic analysis of striation and rose diagram analysis of vein and veinlet measurement data, and vein polishing mineragraphy. Quartz vein and veinlet mineralization in the Randu Hill area is controlled by a right lateral strike-slip fault trending northwest-southeast and a north-south normal fault. This mineralized zone is a north-south trending transtension zone due to en-echelon right stepping of right lateral strike-slip fault. Precious metal minerals are located in the north-south trending veins in the same direction as the regional compression stress and normal faults.

Keywords: mineralization, striation, vein, veinlet, faults

PENDAHULUAN

Penggunaan mineral logam di dunia akan makin meningkat terutama emas (Hasria dkk, 2017). Keberadaan mineral emas selalu berhubungan dengan aktivitas magma atau gunung api (Hartono, dkk, 2014, Putranto dkk., 2016, Harjanto, dkk, 2016) dan dipengaruhi oleh struktur sesar (Fridovsky, et al, 2018, Song, et al, 2018, Chauvet, 2019 dan Berger, 2016). Mereka mengemukakan bahwa secara geometri, urat dapat dijumpai pada zona ekstensional ataupun kompresional dari sistem sesar mendatar yang membentuk pola en-echelon, dimana sesar relatif saling sejajar, satu sama lain terletak pada jalur/posisi yang berbeda namun secara keseluruhan membentuk satu zona memanjang.

Kajian struktur geologi (Widagdo, 2008) dan mineralisasi (Idrus, dkk., 2015, Herman, 2006, Sutarto dkk, 2016, Rahmadani dkk., 2021) telah dilakukan di daerah penelitian sebelumnya. Namun demikian, kajian-kajian tersebut belum memberikan jawaban bagaimana pola struktur geologi pembentuk zona mineralisasi di daerah penelitian. Penelitian ini berusaha menjawab bagaimana pola sesar di daerah penelitian berdasarkan data lapangan gores-garis serta kaitannya dengan pola urat (*vein*) dan urat (*veinlet*) mineral logam yang berkembang.

Daerah penelitian berada di Bukit Randu dan sekitarnya, Desa Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Lokasi penelitian ini terletak sekitar 50 km sebelah timur kota Yogyakarta atau sekitar 30 km ke arah selatan kota Surakarta. Secara geologi regional, daerah ini masuk dalam Pegunungan Selatan Jawa bagian timur, berbatasan dengan fisiografi dataran Solo.

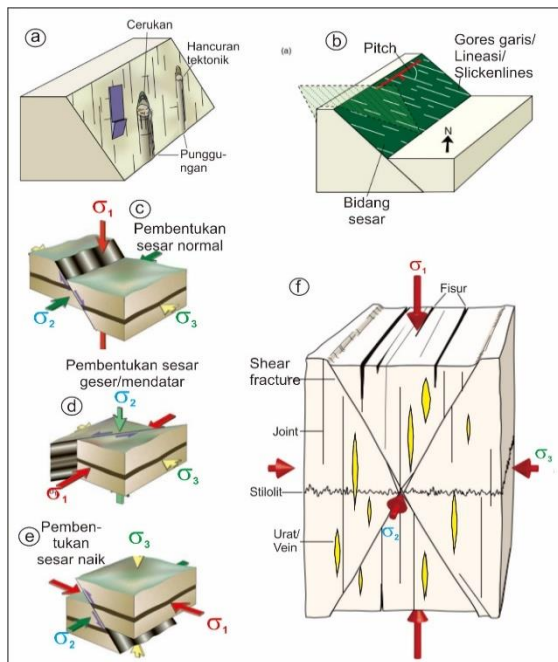


Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di Pegunungan Selatan Jawa bagian Timur

METODOLOGI

Penelitian dilakukan melalui serangkaian pekerjaan pengumpulan data di lapangan dan analisis di laboratorium. Pengumpulan data lapangan mencakup pengukuran data gores-garis/striasi, pengukuran kedudukan urat (*vein*) kuarsa, pengukuran urutan (*veinlet*) kuarsa dan pengambilan conto urat (*vein*) kuarsa. Analisis laboratorium meliputi analisis stereografis terhadap terhadap data gores-garis dan analisis diagram bunga terhadap data pengukuran urat (*vein*) dan urutan (*Veinlet*). Analisis mineragrafi asahan poles urat (*vein*) dilakukan pada beberapa conto urat. Hubungan gaya utama, jenis sesar dan arah umum urat yang terbentuk mengikuti Fossen (2010) sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

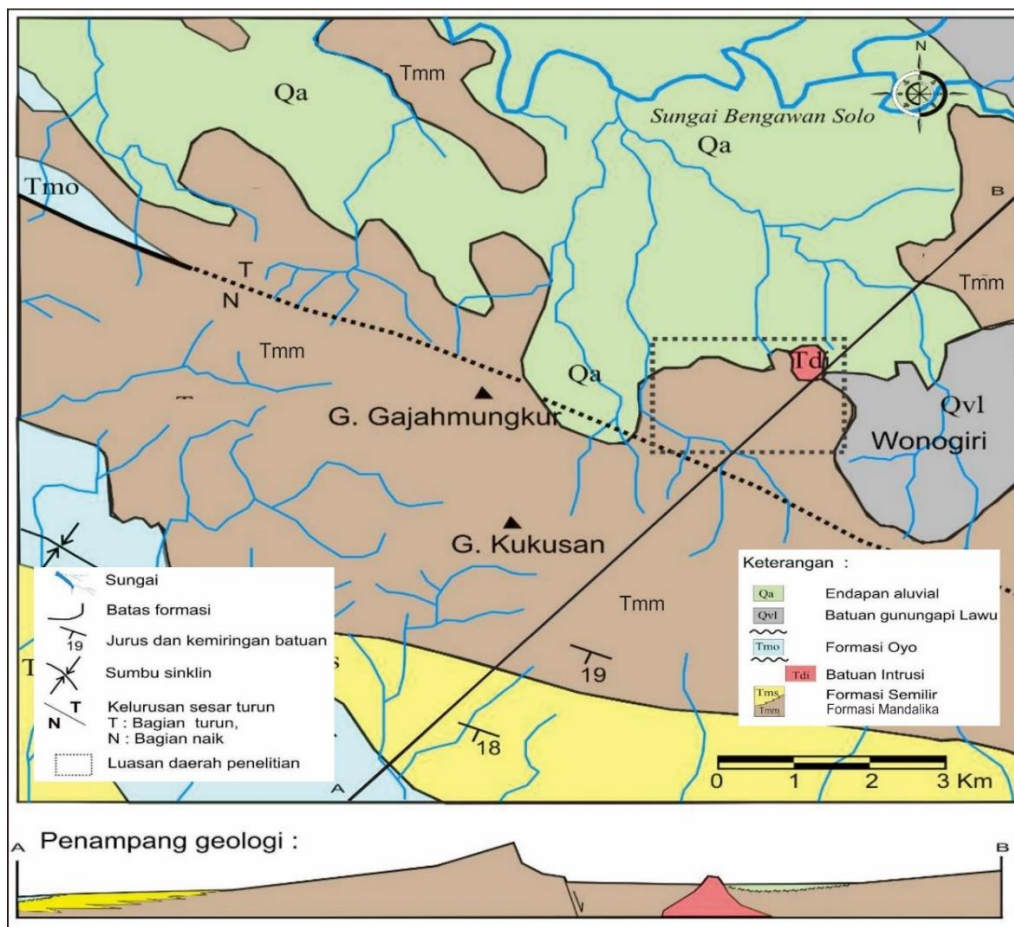
Pemisahan istilah *vein* (urat) dan *Veinlet* (urutan) mengacu pada ketebalan yang dapat diukur di lapangan. *Vein* memiliki ketebalan lebih dari atau sama dengan 1 cm (≥ 1 cm). *Veinlet* (urutan) memiliki ketebalan kurang dari 1 cm (< 1 cm). Istilah *veinlet* telah banyak digunakan untuk menunjukkan urat yang tipis (Li, 2011; Wertich, 2018; Oo, 2019 dan Liu, 2021).



Gambar 2. Gores-garis dan analisis hubungan gaya utama, jenis sesar dan arah umum urat yang terbentuk (Fossen, 2010)

GEOLOGI

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam busur magmatic-vulkanik Sunda-Banda. Busur ini memanjang dari Sumatra hingga Maluku. Busur magmatik ini merupakan salah satu jalur mineralisasi utama di Indonesia (Sutarto, 2016). Busur magmatic ini merupakan busur terpanjang di Indonesia yang telah terbukti banyak menghasilkan mineralisasi logam mulia (Verdiansyah dkk, 2021 dan Imai, et al, 2007). Busur ini dihasilkan oleh interaksi penunjaman ke arah utara Lempeng Samudera Hindia di bawah Lempeng Benua Eurasia (Patria and Aulia, 2020, Shulgin et al, 2011). Interaksi lempeng ini berdampak pada aktifnya tektonik di daerah penelitian (Widagdo, 2008) yang kemudian membentuk struktur-struktur sesar (Surono, dkk, 1992, Sutarto, dkk., 2014) dan kekar.



Gambar 3. Peta Geologi Regional daerah penelitian dan sekitarnya (Surono, dkk, 1992)

Batuan di daerah penelitian dan sekitarnya merupakan batuan vulkanik bagian dari busur magmatisme Sunda-Banda. Batuan tersebut merupakan bagian dari Formasi Mandalika (Surono, dkk, 1992) seperti disajikan pada Gambar 3. Magmatisme daerah ini terbentuk pada Miosen Awal (23 juta tahun lalu) hingga Pliosen (3 juta tahun lalu). Hartono, dkk, (2014) menyebutkan kehadiran mineralisasi di daerah kajian didominasi oleh batuan lava maupun batuan intrusi dangkal sebagai hasil aktivitas gunung api purba.

Mineralisasi logam berharga di Jawa umumnya berhubungan dengan vulkanik dan tektonik (Verdiansyah, 2020). Tektonisme yang telah bekerja di Pulau Jawa membentuk berbagai arah struktur sesar (Prasetyadi, dkk, 2011). Struktur geologi regional yang bekerja di daerah kajian umumnya berarah baratlaut-tenggara (Surono, dkk, 1992, Sutarto, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENGUKURAN SESAR

Dua jenis gores-garis yang dijumpai di lapangan menunjukkan jenis sesar mendatar kanan (dekstral) dan sesar turun (normal) seperti disajikan pada Gambar 4a dan 4b. Gores-garis dengan sudut *pitch* kurang dari 45° menunjukkan pergerakan mendatar (Gambar 4a). Jenis sesar mendatar kanan atau *right slip fault* diperoleh dari pengamatan struktur *step* atau struktur tangga pada bidang sesar. Gores-garis dengan sudut *pitch* hampir vertikal atau lebih besar dari 45° di daerah penelitian merupakan sesar normal (Gambar 4b).

Pengukuran gores-garis di daerah Tumbu sisi baratlaut daerah penelitian (Gambar 5),

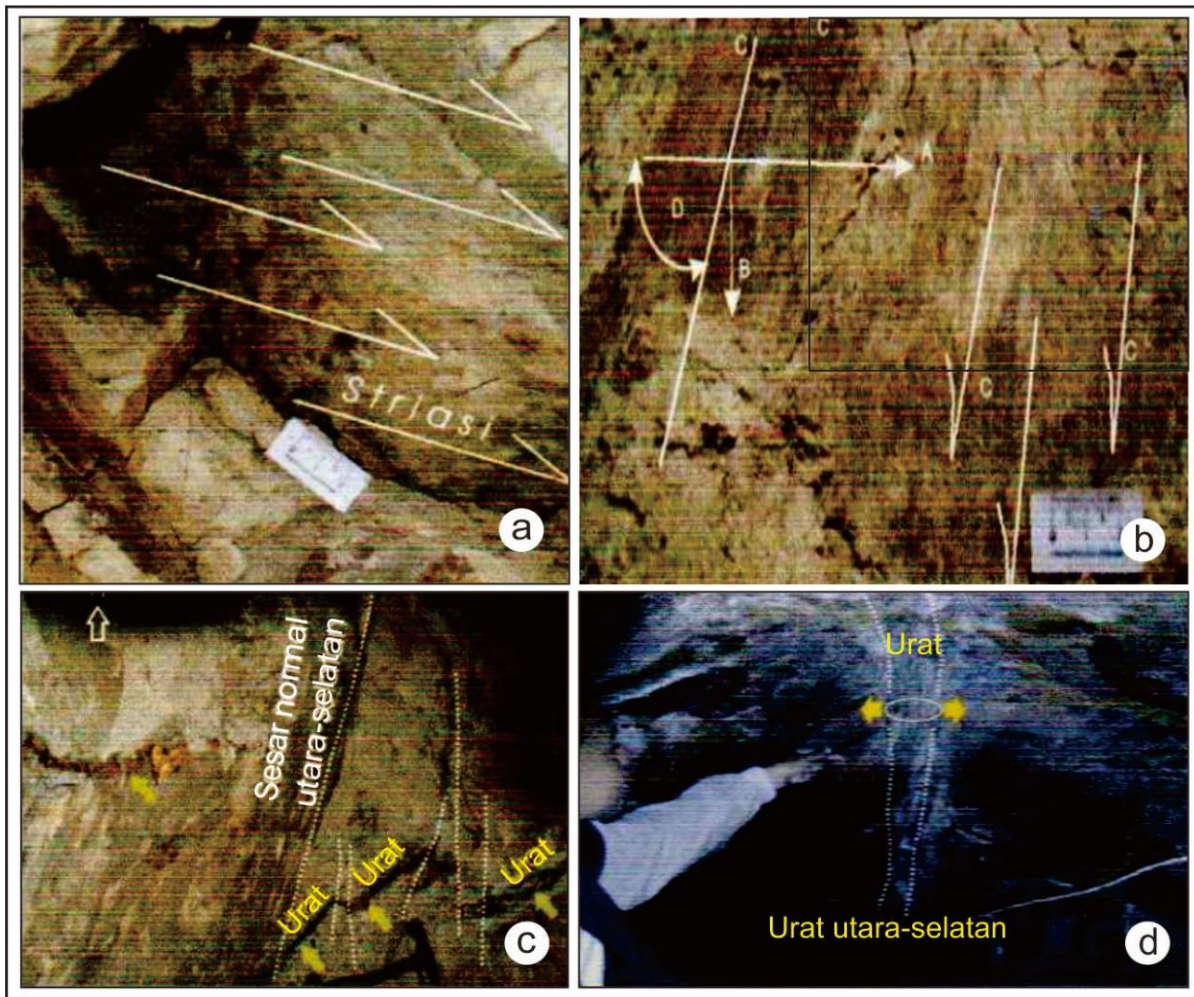
dijumpai bidang sesar dengan kedudukan *strike/dip* sebesar N 339° E/ 83° NE; N 349° E/ 86° NE dan N 320° E/ 89° N. Gores-garis pada ke tiga bidang sesar ini memiliki sudut *pitch* sebesar 25° membuka ke baratlaut, 19° ke selatan, dan 5° ke tenggara. Pengamatan struktur *step/tangga* menunjukkan pergerakan mendatar mengangan atau dekstral (Tabel 1).

Pengukuran sesar di daerah Bulu, bagian tengah daerah penelitian, dijumpai bidang sesar dengan kedudukan *strike/dip*: N 135° E/ 77° SW dan N 159° E/ 78° W. Sudut *pitch* 9° dan membuka ke tenggara dan 4° dan membuka ke utara. Pengamatan struktur tangga menunjukkan jenis pergerakan mendatar kanan atau dekstral (Tabel 1).

Bidang sesar di daerah Sukamerta, bagian sebelah barat daerah penelitian (Gambar 5), memiliki *strike/dip*: N 313° E/ 63° NE. Sudut *pitch* sebesar 23° membuka ke tenggara. Kenampakan struktur tangga menunjukkan jenis pergerakan mendatar kanan atau *dekstral* (Tabel 1).

Bidang sesar di daerah Nglenggong, memiliki *strike/dip*: N 140° E/ 64° SW. Sudut *pitch* pada sesar ini adalah sebesar 5° membuka ke baratlaut. Pergerakan sesar ini adalah mendatar kanan atau *right lateral strike-slip fault* (Tabel 1).

Data Sesar normal dijumpai di daerah Tumbu dan Janggleng (Tabel 1). Di Gunung Tumbu, dijumpai bidang sesar dengan *strike/dip*: N 14° E/ 86° E. Sesar ini memiliki sudut *pitch* sebesar 68° membuka ke selatan. Sesar normal di daerah Janggleng, bagian tengah daerah penelitian, dijumpai bidang sesar dengan kedudukan N 189° E/ 67° W. Gores-garis sesar ini memiliki sudut *pitch* sebesar 75° membuka ke arah selatan.



Gambar 4. Sesar dan urat di daerah penelitian. a). Gores-garis sesar mendatar kanan, b). Gores-garis sesar normal, c). Urat berarah utara-selatan terpotong oleh sesar normal, dan d). penggalan urat mengikuti arah utara-selatan/arah umum urat

Tabel 1. Hasil pengukuran bidang sesar dan striasi serta analisis gaya-gaya utama sesar

No	Lokasi	Batuan	Strike/Dip	Pitch	Gerak	σ_1	σ_2	σ_3
1	Tumbu	andesit	N339°E/83°	25° NW	dekstral			
2	Tumbu	andesit	N349°E/86°	19° S	dekstral	03/203	86/072	03/293
3	Tumbu	andesit	N320°E/89°	5° SE	dekstral			
4	Bulu	andesit	N135°E/77°	9° SE	dekstral			
5	Bulu	andesit	N159°E/78°	4° N	dekstral	08/012	76/247	11/103
6	Sukamerta	Andesit	N313°E/63°	23° SE	dekstral	35/171	55/001	05/264
7	Nglenggong	Mikro diorit	N140°E/64°	5° NW	dekstral	21/001	64/220	15/097
8	Tumbu	andesit	N14°E/86°	68° S	normal	45/262	22/016	37/123
9	Janggleng	andesit	N189°E/67°	75° S	normal	64/124	14/003	21/268

HASIL ANALISIS SESAR

Penempatan data sesar pada peta, menunjukkan adanya 2 sesar mendatar dan 2 sesar normal di daerah kajian (Gambar 5). Sesar mendatar ini adalah sesar mendatar di sisi utara dan di sebelah selatan. Sesar normal dapat digambarkan

sebagai sesar normal sisi barat dan sisi timur.

Sesar mendatar di utara ini terbentuk oleh gaya utama terkuat (σ_1) dengan *trend* N012°E (Bulu) dan N203°E (Tumbu) atau dari arah utara-selatan. Gaya kompresional utama ini memiliki *plunge* yang relatif

horizontal yakni sebesar 8° dan 3° . Sesar ini terbentuk oleh gaya utama terlemah (σ_3) yang juga horisontal ($11^\circ/\text{N}103^\circ\text{E}$ dan $03^\circ/\text{N}293^\circ\text{E}$) seperti pada Tabel 1 dan Gambar 5. Berdasarkan hasil analisis data gores-garis, gaya utama terkuat (σ_1) juga relatif horisontal (8° dan 3°) atau terbentuk dengan arah gaya utama terkuat relatif mendatar. Gaya utama terlemah (σ_3) memiliki nilai penunjaman atau *plunge* yang juga kecil/horisontal (11° dan 03°) dengan arah barat-timur. Kombinasi gaya-gaya ini akan membentuk sesar mendatar/sesar geser (Gambar 2d, menurut Fossen, 2010). Dengan gaya utama kompresional berarah utara-selatan maka akan terbentuk sesar mendatar kanan/dekstral dengan arah baratlaut-tenggara.

Sesar mendatar di selatan dijumpai di daerah Sukamerta dan Nglenggong. Sesar mendatar di selatan ini terbentuk oleh gaya utama terkuat (σ_1) dengan *trend* $\text{N}171^\circ\text{E}$ (di daerah Sukamerta) dan $\text{N}001^\circ\text{E}$ (di Nglenggong) atau relatif berarah utara-selatan. Gaya kompresional terkuat ini memiliki *plunge* yang relatif horisontal yakni sebesar 35° dan 21° . Sesar ini terbentuk oleh gaya utama terlemah (σ_3) yang juga berarah horisontal ($05^\circ/\text{N}264^\circ\text{E}$; $15^\circ/\text{N}097^\circ\text{E}$) seperti disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 5. Gaya utama terlemah (σ_3) memiliki nilai penunjaman/*plunge* yang juga kecil atau horisontal dengan arah barat-timur. Kombinasi gaya-gaya ini akan membentuk sesar mendatar/sesar geser (Gambar 2d, menurut Fossen, 2010). Dengan gaya utama kompresional berarah utara-selatan maka akan terbentuk sesar mendatar kanan/dekstral dengan arah baratlaut-tenggara.

Sesar turun di sebelah barat terbentuk oleh kombinasi gaya-gaya utama seperti disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 1. Pada hasil analisis struktur ini, σ_3 berada pada bagian tepi lingkaran besar/horisontal dan σ_1 relatif di tengah atau vertikal. Dengan gaya utama terkuat vertikal ($45^\circ/\text{N}262^\circ\text{E}$) dan gaya utama terlemah horisontal ($37^\circ/\text{N}123^\circ\text{E}$) maka

terbentuk sesar normal atau merupakan daerah tektonik regangan.

Sesar turun di timur terbentuk oleh kombinasi gaya-gaya utama seperti disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 5. Pada hasil analisis struktur ini, σ_3 berada pada bagian tepi lingkaran besar atau bersifat horisontal dan σ_1 relatif di tengah atau vertikal. Dengan gaya utama terkuat vertikal ($64^\circ/\text{N}124^\circ\text{E}$) dan gaya utama terlemah horisontal ($21^\circ/\text{N}268^\circ\text{E}$) maka terbentuk sesar turun atau merupakan daerah tektonik regangan.

HASIL PENGUKURAN URAT DAN URATAN

Urut (*vein*) dan uratan (*veinlet*) merupakan rekahan pada batuan yang terbuka hingga kemudian terisi mineral, umumnya berupa kuarsa dan mineral logam (Gambar 4c dan d). Pengukuran *vein* dan *veinlet* di daerah penelitian dilakukan dengan membagi daerah penelitian menjadi 5 area (Tabel 2) berdasarkan posisinya dalam konstelasi struktur sesar yang ada. Diagram bunga hasil pengukuran urat pada 5 area di daerah kajian disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan tabulasi hasil pengukuran urat, diperoleh data urat antara 30-40 data sedangkan uratan antara 25-40 data (Tabel 2).

Urut di Gunung Tumbu memiliki ketebalan 1 hingga 15 cm. Analisis diagram bunga menunjukkan arah umum urat kuarsa ini adalah $\text{N}10^\circ\text{-}20^\circ\text{E}$ dan $\text{N}300^\circ\text{-}310^\circ\text{E}$ atau relatif utara-selatan dan baratlaut-tenggara. Sedangkan Uratan di Gunung Tumbu memiliki kecenderungan arah baratlaut-tenggara ($\text{N}110^\circ\text{-}140^\circ\text{E}$).

Urut di Gunung Randu dijumpai dengan ketebalan 1 hingga 10 cm. Analisis diagram bunga (Gambar 5) menghasilkan arah umum urat kuarsa ini adalah $\text{N}340^\circ\text{-}360^\circ\text{E}$ atau relatif utara-selatan. *Veinlet* di daerah ini memiliki pola arah baratlaut-tenggara ($\text{N}110^\circ\text{-}120^\circ\text{E}$) dan utara baratlaut-selatan tenggara ($\text{N}150^\circ\text{E-}160^\circ\text{E}$).

Vein di daerah Bulu (bagian utara daerah kajian) dijumpai dengan ketebalan 1 hingga 10 cm. Analisis diagram bunga menghasilkann arah umum urat kuarsa ini adalah N0°-10°E dan N20°-30°E atau relatif utara-selatan dan utara timurlaut-selatan baratdaya. *Veinlet* di daerah ini memiliki pola arah baratlaut-tenggara (N140°-160°E) dan timurlaut-baratdaya (N20°E-40°E).

Vein di daerah Sukamerta (bagian barat daerah kajian) dijumpai dengan ketebalan 1 hingga 5 cm. Arah umum urat kuarsa ini adalah N250°-260°E dan N0°-10°E atau

relatif berarah barat-timur dan utara-selatan. *Veinlet* di daerah ini memiliki pola arah barat-timur (N70°-100°E) dan utara-selatan (N170°E-180°E).

Urat di daerah Janggleng (bagian tengah daerah kajian) dijumpai dengan ketebalan 1 hingga 10 cm. Berdasar analisis diagram bunga (Gambar 5), arah umum urat kuarsa ini adalah N340°-350°E dan N0°-20°E atau relatif berarah utara-selatan. Sedangkan *veinlet* memiliki pola timur laut-barat daya (N50°-60°E).

Tabel 2. Data pengukuran *strike* dan *dip* pada urat (*vein*) dan uratan (*veinlet*) kuarsa.

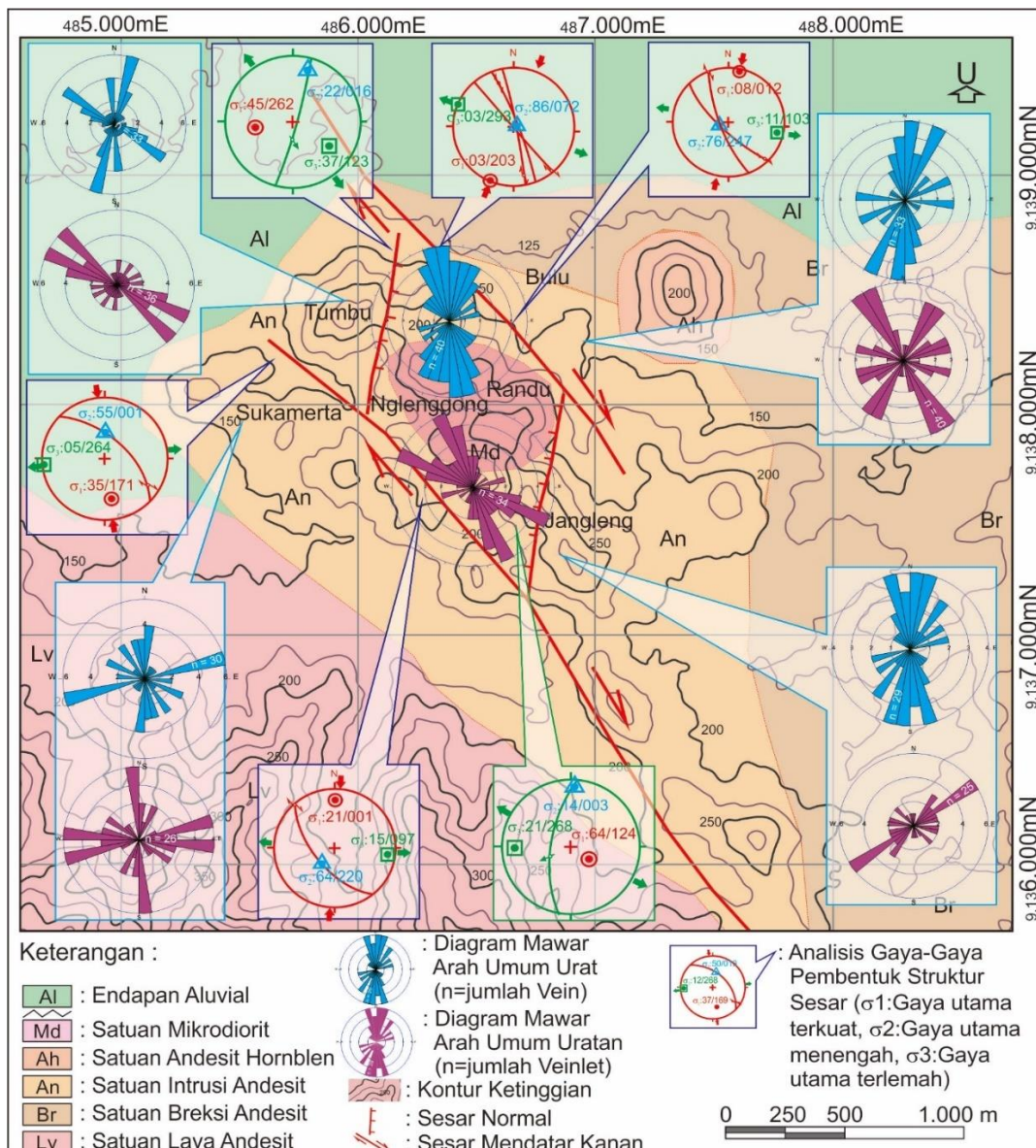
No	Gunung Tumbu		Randu		Bulu		Sukamerta		Janggleng	
	<i>Vein</i>	<i>veinlet</i>	<i>Vein</i>	<i>Veinlet</i>	<i>Vein</i>	<i>Veinlet</i>	<i>Vein</i>	<i>Veinlet</i>	<i>Vein</i>	<i>Veinlet</i>
1	53/88	330/50	30/70	170/65	270/14	119/84	295/73	324/65	220/78	233/80
2	302/75	160/88	205/83	305/88	351/80	35/81	359/66	284/76	70/43	230/80
3	356/76	315/72	175/63	188/48	188/78	109/55	9/70	129/73	159/81	90/86
4	350/71	80/57	345/75	116/78	60/87	160/70	3/68	250/88	70/52	240/83
5	25/71	315/66	320/65	156/88	24/65	106/57	250/84	358/68	209/60	180/48
6	290/75	288/64	230/75	180/45	5/88	63/75	346/75	285/77	345/87	133/82
7	10/74	215/66	230/80	147/67	174/80	214/83	72/80	95/68	140/67	348/63
8	23/86	290/64	210/80	155/84	172/77	98/63	344/75	130/86	304/66	327/66
9	303/59	302/78	210/75	253/78	20/55	115/53	350/70	175/76	135/83	105/87
10	300/88	280/86	350/80	311/88	165/84	190/74	205/75	78/82	190/65	285/74
11	168/35	290/60	2/89	173/70	65/70	165/74	320/72	270/83	341/57	93/75
12	167/60	45/59	200/84	50/83	185/84	157/89	90/64	75/85	195/89	354/53
13	265/74	315/66	330/75	300/83	98/87	101/66	300/70	85/62	351/66	35/74
14	275/74	185/63	150/89	280/80	11/79	20/85	78/50	2/64	5/65	43/62
15	5/70	310/61	250/65	160/61	20/70	71/68	350/70	350/75	350/80	55/73
16	10/80	130/83	315/89	344/64	15/88	183/35	163/65	60/70	344/70	45/75
17	11/80	290/83	15/85	76/77	185/75	115/24	325/50	190/75	177/60	315/85
18	15/80	19/76	20/86	298/55	350/78	155/70	8/84	22/62	340/65	39/76
19	320/69	85/76	28/59	120/70	160/85	208/66	270/83	75/78	181/85	62/72
20	290/80	245/70	225/78	110/65	158/60	177/29	290/72	20/81	185/86	50/60
21	155/60	280/88	195/80	115/74	190/72	74/58	250/65	3/86	185/56	210/53
22	200/80	70/75	348/89	95/74	95/70	1/84	70/85	270/68	30/50	75/79
23	35/75	60/75	349/85	340/68	40/80	159/70	235/47	351/70	336/46	59/74
24	300/75	50/71	339/83	137/65	155/80	311/79	250/60	80/74	13/82	73/80
25	350/75	292/80	17/73	190/55	275/80	150/85	325/67	270/63	10/75	55/60
26	300/65	303/75	165/72	295/75	28/88	154/84	41/73	122/80	30/86	
27	315/56	290/63	183/89	100/76	50/87	140/74	1/63		34/67	
28	100/84	280/86	350/69	157/81	60/82	210/84	317/84		250/51	
29	280/45	170/80	181/76	105/75	300/60	246/66	30/75		236/74	
30	195/63	30/80	349/86	345/85	294/77	75/66	110/80		238/51	
31	220/78	110/85	190/88	158/65	344/74	320/81				
32	192/89	5/80	153/73	150/65	20/86	238/86				
33	314/40	130/75	120/76	144/69	72/39	140/83				
34	294/66	200/55	122/80	20/85	220/86	54/76				
35	354/84	270/65	320/58		180/64	36/81				
36		120/81	170/75			25/74				
37			315/85			66/66				
38			170/88			145/58				
39			70/78			327/89				
40			185/80			203/84				

HASIL ANALISIS MINERAGRAFI

Analisis mineragrafi dilakukan guna melihat jenis mineral logam pada asahan poles urat kuarsa. Telah dilakukan analisis mineragrafi terhadap 4 urat kuarsa dari lokasi berbeda (Gambar 6). Contoh asahan poles ini berasal dari urat di daerah Tumbu, Randu, Bulu, dan Janggleng.

Analisis mineragrafi urat kuarsa dari Gunung Tumbu mengandung mineral-mineral pirit (FeS_2), sfalerit (ZnS), galena (PbS) dan ilmenit ($FeTiO_3$) (Gambar 6a). Pada Gambar 6a, tampak kehadiran mineral pirit dengan satu sisi utuh dan sisi

lainnya tidak utuh. Kemungkinan pirit pada awalnya terbentuk bersamaan dengan galena, namun demikian kemudian pertumbuhannya terhenti, sedang galena masih terus tumbuh hingga melingkupi pirit. Tampak pula kehadiran inklusi sfalerit di dalam galena. Fenomena ini mengindikasikan adanya pertumbuhan mineral sfalerit pada awal pembentukan mineral galena, namun pertumbuhan kristal sfalerit ini terhenti. Walau demikian setelah berakhirnya pembentukan galena, hadir kembali sfalerit dengan intensitas kuat hingga mempengaruhi bentuk kristal lainnya.



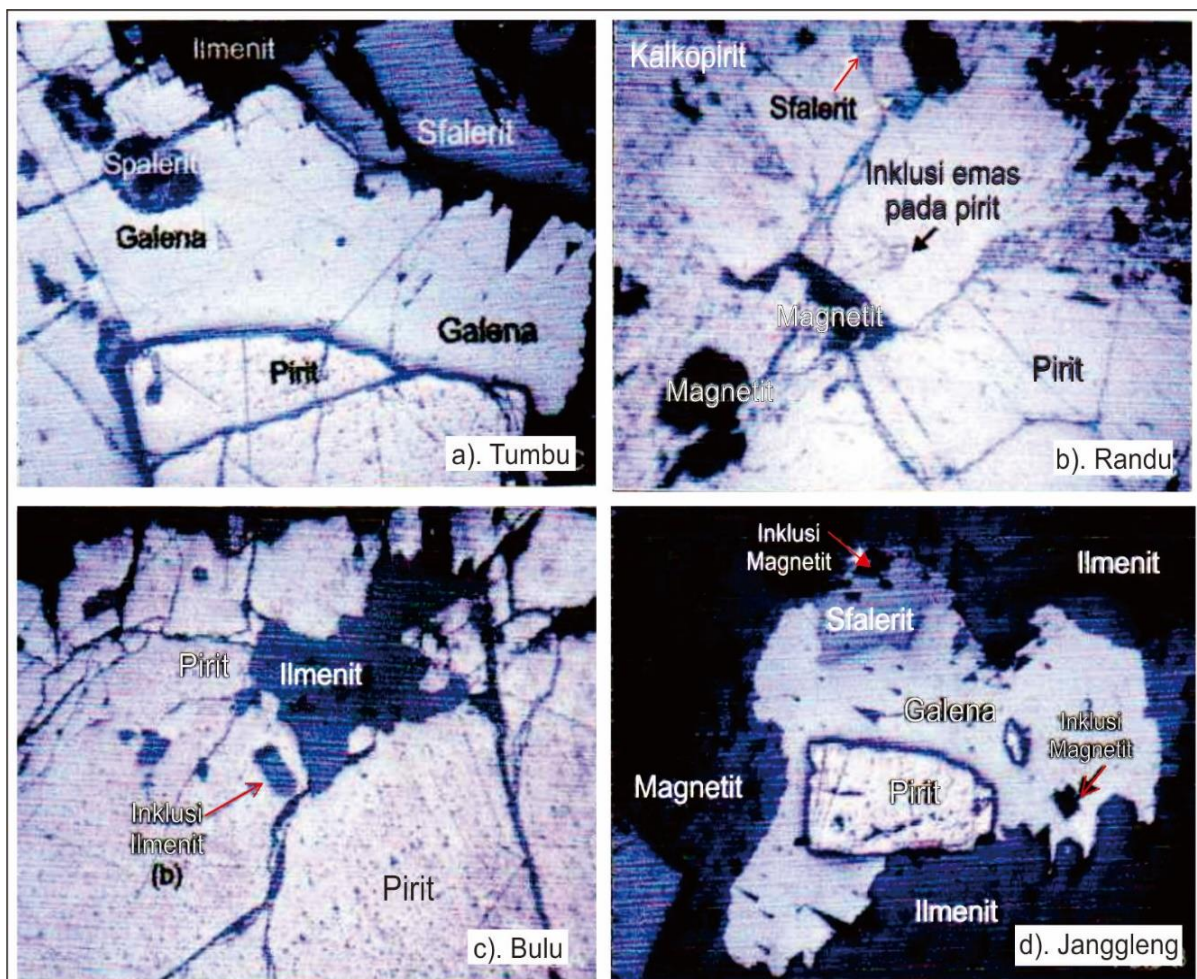
Gambar 5. Arah dan pola sesar serta arah umum urat dan uratan di daerah penelitian

Analisis mineragrafi urat utara-selatan (N-S) dari daerah Randu mengandung mineral logam pirit (FeS_2), kalkopirit (CuFeS_2), sfalerit (ZnS), magnetit (Fe_3O_4) dan inklusi emas (Au). Pada Gambar 6b, terlihat adanya inklusi emas (berwarna kuning emas) di dalam mineral pirit yang tampak berwarna kuning terang. Emas terbentuk terlebih dahulu hingga kemudian terhenti dan terselimuti oleh pirit yang berkembang selanjutnya. Magnetit juga menjadi mineral inklusi dalam pirit. Sfalerit hadir setelah pirit terbentuk, berwarna abu-abu terang dan berbentuk subhedra. Ia hadir mengikuti retakan pada pirit.

Urut timurlaut-baratdaya (NE-SW) dari daerah Bulu di sebelah utara jalur sesar utama secara mineragrafi mengandung mineral logam magnetit (Fe_2O_4), pirit (FeS_2) dan ilmenit (FeTiO_3). Pada Gambar

6c, ilmenit bertekstur mengisi rekahan pirit. Mineral pirit mengalami retakan-retakan intensif yang kemudian terisi ilmenit. Dijumpai pula inklusi ilmenit yang berukuran halus dalam mineral pirit.

Urut berarah utara-selatan (N-S) dari daerah Janggeng (Gambar 6d) pada mikroskop polarisasi menunjukkan kehadiran mineral-mineral logam pirit (FeS_2), ilmenit (FeTiO_3), sfalerit (ZnS), galena (PbS), dan magnetit (Fe_2O_4). Pada Gambar 6d terdapat inklusi pirit (kuning) dengan relief tinggi (menonjol) di dalam mineral galena. Mineral galena selanjutnya tereksansi oleh sfalerit. Magnetit menjadi inklusi dalam galena dan sfalerit. Pada bagian ini pirit hadir lebih awal, kemungkinan bersama magnetit yang menjadi inklusi. Selanjutnya hadir galena dan sfalerit serta ilmenit.



Gambar 6. Kenampakan mineral logam pada urat kuarsa dari berbagai lokasi di daerah penelitian. Gambar diambil dengan mikroskop bijih dengan perbesaran 25x

HASIL ANALISIS KANDUNGAN UNSUR LOGAM

Kandungan unsur logam dalam urat kuarsa di daerah penelitian diketahui dari hasil analisis laboratorium terhadap 5 conto urat dari lokasi berbeda dengan kecenderungan arah yang berbeda pula. Analisis geokimia telah dilakukan guna menentukan kandungan unsur-unsur logam emas (Au), perak (Ag), tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn). Tabel 3 menyajikan hasil analisis kandungan unsur logam dalam satuan ppm (*part per million*) terhadap conto urat di daerah kajian.

Urat kuarsa berarah umum utara-selatan dari daerah Janggleng diambil pada urat berkedudukan strike/dip sebesar $N185^{\circ}E/86^{\circ}W$ dengan ketebalan 4 cm. Urat kuarsa utara-selatan (N-S) ini memiliki kandungan unsur logam emas, perak, tembaga, timbal dan seng.

Analisis urat utara-selatan juga dilakukan terhadap urat dari daerah Randu. Urat dari daerah Randu diambil dari urat berkedudukan $N185^{\circ}E/80^{\circ}W$ dengan ketebalan 2 cm. Urat berarah utara-selatan ini memiliki kandungan unsur logam emas, perak, tembaga, timbal dan seng.

Urat kuarsa yang berarah umum relatif barat-timur (E-W) diambil dari daerah Sukamerta. Kedudukan bidang urat ini adalah $N295^{\circ}E/73^{\circ}N$ dengan ketebalan 1 cm. berdasar hasil analisis kimia, urat ini memiliki kandungan unsur logam emas, perak, tembaga, timbal dan seng.

Analisis kimia logam pada urat berarah timurlaut-baratdaya diambil dari daerah Bulu di bagian utara daerah kajian. Conto diambil dari urat berkedudukan bidang strike/dip sebesar $N50^{\circ}E/87^{\circ}SE$ dengan ketebalan urat 3 cm. Analisis kandungan logam menunjukkan bahwa pada urat ini tidak dijumpai logam emas. Pada urat berarah timurlaut-baratdaya ini dijumpai logam perak, tembaga, timbal dan seng.

Urat kuarsa berarah baratlaut-tenggara (NW-SE) dari daerah Tumbu di utara daerah kajian menunjukkan ketidakhadiran kandungan emas dan perak. Urat pada arah baratlaut-tenggara ini hanya mengandung tembaga, timbal dan seng saja. Urat ini memiliki kedudukan strike/dip sebesar $N155^{\circ}E/60^{\circ}SW$ dengan ketebalan 1 cm. Arah umum urat ini searah dengan arah sesar mendatar kanan utama di daerah penelitian.

Tabel 3. Hasil analisis kandungan unsur logam pada beberapa arah umum urat kuarsa

No	Nama lokasi sampel	Arah umum Urat kuarsa	Kandungan unsur logam (ppm)				
			Emas (Au)	Perak (Ag)	Tembaga (Cu)	Timbal (Pb)	Seng (Zn)
1	Janggleng	Utara-Selatan	5,2	29	330	1.130	170
2	Randu	Utara-Selatan	204	411	57.797	2.311	22.356
3	Sukamerta	Barat-Timur	9,8	64	100	1.010	690
4	Bulu	Timurlaut-Baratdaya	--	350	8.200	--	20.300
5	Tumbu	Baratlaut-Tenggara	--	--	100	63	32

PEMBAHASAN

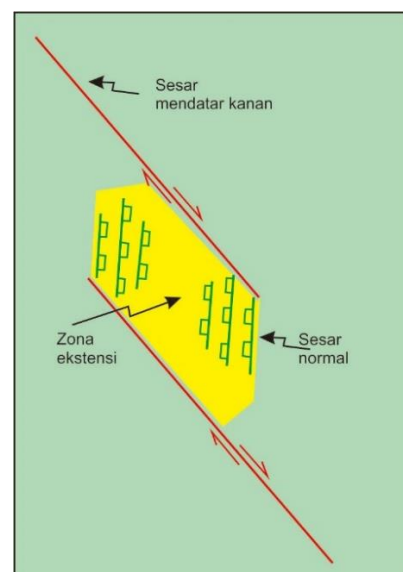
Batuan di daerah penelitian tersesarkan oleh sesar dekstral baratlaut-tenggara (NW-SE). Sebagai bagian dari fasies pusat gunung api purba Gajah Mungkur (Hartono, dkk., 2014, Verdiansyah dkk., 2021), sesar ini berperan penting dalam vulkanisme dan magmatisme (Song, et al., 2018, Tuduri et al., 2018) serta mineralisasi (Pluijm, 2004, Claude et al., 2019) di daerah penelitian. Kemunculan gunung api purba Gajah Mungkur ini sangat dipengaruhi oleh tektonik (Verdiansyah dkk., 2020) sebagai penggerak sesar dekstral yang ada di daerah kajian. Bari dkk. (2020) menyebutkan bahwa keterdapatan struktur geologi berbanding lurus dengan intensitas mineralisasi. Mineralisasi di daerah kajian hanya di zona ekstensi dan sekitar sesar utama yang membentuk *vein* dan *veinlet*.

Sesar dekstral di daerah penelitian sangat aktif pada masanya, sehingga melahirkan berbagai batuan dari lingkungan pembentukan yang makin dalam. Batuan tersebut adalah batuan ekstrusif-eksplusif (lava-breksi di permukaan), batuan intrusi dangkal (andesit) hingga batuan intrusi dalam (mikrodiorit) pada fasies pusat gunung api Miosen. Pada fase akhir, sesar utama ini menyebabkan semua batuan tersebut terdeformasi hingga terbentuk rekahan *shear fracture* dan *extension fracture*. Magmatisme lebih dalam menghasilkan larutan hidrotermal bergerak ke atas dan mengisi rekahan batuan yang ada membentuk *vein* dan *veinlet* (Song, et al., 2018).

Deformasi multi fase pada daerah mineralisasi emas dilaporkan oleh penelitian Fridovsky et al. (2018). Adanya urat yang terpotong oleh urat lain yang muda di daerah penelitian mendukung adanya beberapa kali mineralisasi dan deformasi. Juga adanya urat/uratan yang terpotong sesar normal. Retakan mineral pirit yang kemudian terisi mineral lain pada analisis mineragrafi mendukung hal ini.

Orientasi *vein* mengikuti orientasi kekar tarik yang sebelumnya terbentuk oleh sesar dekstral. Kekar gerus/shear *joint* akibat sesar ini kemudian membentuk *veinlet* baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Tuduri et al. (2018) yang menyebutkan adanya *tectono-magmatic* yang mengontrol endapan mineral logam. Kedudukan tegasan tektonik utama penting dalam menentukan evolusi struktur pada suatu daerah (Wahyudiono, dkk., 2011). Gaya tektonik (σ_1) berarah utara-selatan (N-S) yang bekerja di Pulau Jawa menjadi kontrol utama orientasi *vein* dan *veinlet* di daerah penelitian.

Mc Clay (2007) menjelaskan hubungan sesar dekstral dengan pembentukan sesar normal dan zona ekstensi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Model ini menjelaskan konstelasi sesar di daerah penelitian. Sesar dekstral di utara dan di selatan membentuk pola *en-echelon right stepping*. Dimana ada overlap diantara kedua sesar dekstral. Zona overlap ini kemudian membentuk sesar normal di bagian tengah daerah penelitian. Sesar turun sebelah barat (daerah Nglenggong) memiliki kemiringan ke arah timur dan di sebelah timur (daerah Janggleng) memiliki kemiringan ke arah barat.



Gambar 7. Sesar dekstral *en-echelon right stepping baratlaut-tenggara* membentuk zona ekstensi (Mc Clay, 2007)

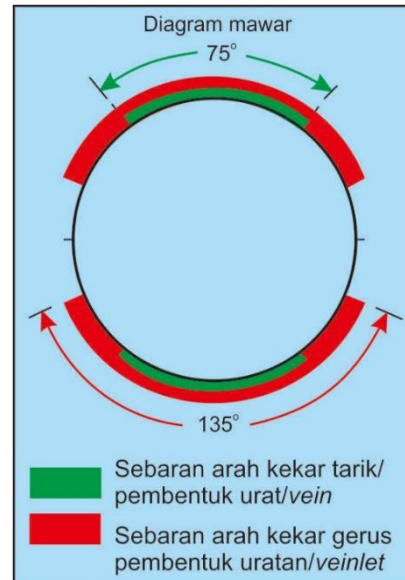
Zona ekstensi pada daerah diantara kedua sesar dekstral ini menjadi area mineralisasi utama di daerah kajian. Di daerah ekstensi ini dijumpai *vein* kuarsa dengan ketebalan dan kerapatan tinggi. *Veinlet* juga intensif dijumpai. Urat berarah utara-selatan (N-S) dari zona ekstensi ini juga menunjukkan kandungan unsur emas yang tinggi (Gambar 6b dan Tabel 3).

Pluijm (2004) menyebutkan bahwa kekar/*joint* adalah sintektonik karena *joint* sejajar dengan arah σ_1 yang terkait dengan perkembangan struktur tektonik. Di samping itu, urat secara lokal mengandung isian mineral yang terbentuk pada temperatur dan tekanan fluida pada kedalaman beberapa kilometer. Urat-urat berarah utara-selatan (N-S) di daerah kajian memiliki arah sejajar dengan arah kompresi regional (σ_1) yang berasal dari selatan atau arah penunjaman lempeng (Patria and Aulia, 2020, Shulgin et al, 2011). Kompresi ini membentuk tarikan ke barat-timur saat kekar pembentuk urat tercipta (Gambar 9a).

Urat berarah utara-selatan yang terbentuk dari gaya kompresional utama utara-selatan memiliki rentang arah yang lebar. Rentang sebaran arah urat ini pada diagram bunga (Gambar 5) berada di antara N325°E dan N35°E. Hal ini menurut penelitian Singhal and Gupta (2010) masih memungkinkan terjadi (Gambar 8). Akibat gaya σ_1 berarah utara-selatan akan terbentuk kekar tarik sebagai ruang pembentukan urat pada rentang 75°. Hasil analisis diagram mawar terhadap urat kuarsa di daerah penelitian menunjukkan arah umum urat masih berada dalam rentang ini.

Berdasarkan hasil analisis kimia kandungan logam menunjukkan urat berarah utara-selatan ini mengandung emas yang cukup potensial. Urat berarah utara-selatan (N-S) di daerah Randu mengandung emas hingga 204 ppm, perak sebesar 411 ppm, tembaga 57.797 ppm, timbal 2.311 ppm dan seng 22.356 ppm. Urat arah ini di daerah Janggeng mengandung emas 5,2 ppm, perak

sebesar 29 ppm, tembaga 330 ppm, timbal 1.130 ppm dan seng 170 ppm (Tabel 3).



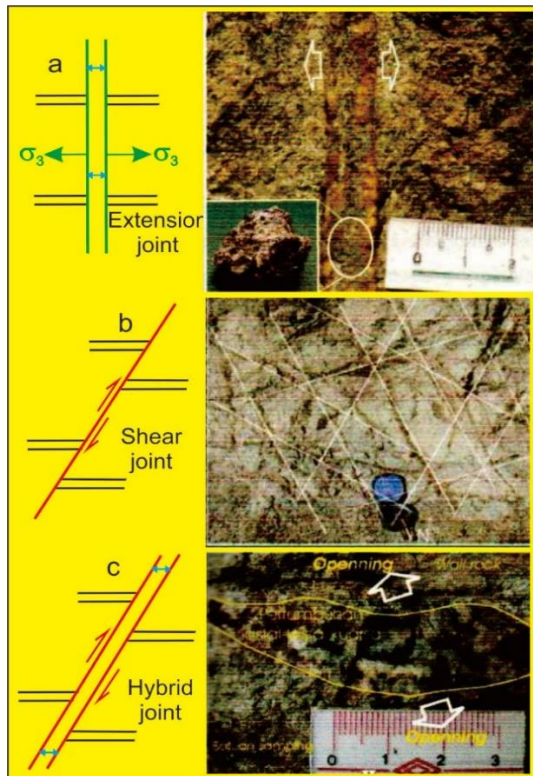
Gambar 8. Rentang arah urat dan uratan kuarsa hasil gaya utara-selatan (Singhal and Gupta, 2010)

Urat berarah barat-timur di daerah Sukamerta dengan ketebalan 1 cm hadir sebagai pengisi kekar tarik atau rilis yang terbentuk setelah kompresi utara-selatan berhenti. Urat barat-timur ini mengandung emas sebesar 9,8 ppm, perak 64 ppm, tembaga 100 ppm, timbal 1.010 ppm dan seng sebesar 690 ppm.

Veinlet atau uratan kuarsa dengan arah sekitar timurlaut-baratdaya (NE-SW), baratlaut-tenggara (NW-SE) dan barat-timur (E-W) dimungkinkan hadir berhubungan dengan rentang kekar gerus sebesar 135° (Gambar 8) sebagai hasil kompresi dari arah σ_1 utara-selatan yang sama (Singhal and Gupta, 2010).

Kekar gerus sebagai hasil kompresi regional (σ_1) utara-selatan pembentuk sesar dekstral di utara dan selatan daerah kajian memiliki rentang 135° (Gambar 8). Pada awalnya, kekar ini bersifat rapat/tertutup (Gambar 9b) sehingga tidak memungkinkan bagi pengaliran dan pengendapan larutan hidrotermal pembentuk urat. Namun kekar gerus ini

dapat terbuka bila mengalami reaktivasi akibat tektonik yang lebih muda (Widagdo, 2008). Rekahan ini akan menjadi rekahan *hybrid*, dimana ia awalnya rekah dan kemudian terbuka (Mc Clay, 2007).



Gambar 9. Jenis-jenis kekar (Mc Clay, 2007) dan contoh di daerah penelitian

Vein ekstensi di daerah kajian umumnya memiliki ketebalan tinggi (1-20 cm). Makin tebal *vein*, maka ia akan memiliki dimensi panjang yang tinggi. *Vein* tebal juga menerus secara vertical dengan tingkat kemenerusan tinggi. Hal ini memungkinkan larutan hidrotermal pembawa mineral logam akan melewatinya dengan mudah dari zona tekanan tinggi di kedalaman menuju ke arah permukaan.

KESIMPULAN

Vein dan veinlet di daerah penelitian terbentuk akibat adanya sesar mendatar dekstral yang membentuk pola *en-echelon right stepping* berarah baratlaut-tenggara. Pola ini membentuk zona transtensional yang menciptakan rekahan-rekahan ekstensional yang terbuka.

Urut kuarsa pembawa unsur logam emas, perak, tembaga, timbal dan seng terbentuk dengan arah utara-selatan dan barat-timur. Urut kuarsa utama berarah utara-selatan lebih dominan dijumpai, terbentuk searah dengan gaya utama kompresi regional berarah utara-selatan. Gaya utama ini bertanggung jawab terhadap pembentukan sesar mendatar dekstral berarah baratlaut-tenggara dan sesar normal utara-selatan. Urut berarah barat-timur hadir sebagai pengisi kekar rilis kehadirannya dijumpai tidak sebanyak urut berarah utara-selatan.

Urutan kuarsa/*veinlet* berarah baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya dan barat-timur terbentuk oleh rekahan *hybrid* sebagai perkembangan dari kekar gerus yang teraktivasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesainya kesempatan penelitian untuk karya publikasi ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman-Purwokerto (Ir. Adi Candra, ST, MT, Ir. Siswandi ST., MT, Akhmad Kahlil Gibran, ST., MT., Januar Aziz Zaenurrohman, ST., M.Eng, Maulana Rizki A., SSi., M.Si, Anjar T. L, ST., M.Sc. dan Dr. Ir. Eko B. P., ST, MSi) yang telah banyak membantu dalam proses penelitian dan penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bari, A., Rosana, M.F. dan Haryanto, I., 2020. Kontrol Struktur Geologi Pada Alterasi dan Mineralisasi di daerah Cibaliung Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Buletin Sumberdaya Geologi, Vol. 15, No. 1 : 73-87.
- Berger, B.R., 2016. The 3D Fault and Vein Architecture of Strike-Slip Releasing and Restraining Bends: Evidence from Volcanic-Centre-Related Mineral Deposits. Geological Society, London, Special Publications, vol. 290: 447-471.

- Chauvet, A., 2019. Structural Control of Ore Deposits: The Role of Pre-Existing Structures on the Formation of Mineralised Vein Systems. *Journal Minerals*, vol. 9, No. 56 : 5-26.
- Claude, B.J., Rigobert, T., Joachim, E., Periclex, F.T., and Basile, D.M.G.G., 2019. Geological Context Mapping of Batouri Gold District (East Cameroon) from Remote Sensing Imaging, GIS Processing and Field Works. *Journal Of Geographic Information System*, Vol. 11: 766-783.
- Fridovsky, V.Y., Kudrin, M.V. and Polufuntikova, L.I., 2018. Multi-Stage Deformation of the Khangalas Ore Cluster (Verkhoyansk-Kolyma Folded Region, Northeast Russia): Ore-Controlling Reverse Thrust Faults and Post-Mineral Strike-Slip Faults. *Journal Minerals*, Vol. 8, No. 270 : 2-18.
- Fossen, H., 2010. *Structural Geology*. Cambridge University Press, New York.
- Harjanto, A., Sutarto, Subandrio, A., Suasta, I.M., Salamat, J., Hartono, G., Suputra, P., Basten, I.G., Fauzi, M. dan Rosdiana, 2016. Alterasi Hidrotermal Di Dumoga Barat Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Jurnal Eksplorium*, Vol. 37 No. 1 : 27-40.
- Hartono, H.G., Pambudi, S., Arifai, M., Yusliandi, A., dan Agung, S., 2014. Vulkanisme dan Sebaran Sumber Daya Non Hayati di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Wonogiri, Jawa Tengah. *Majalah Geologi Indonesia*, Vol. 29 No. 1: 37-47.
- Hasria, Idrus, A. dan Warmada, I.W., 2017. Endapan Emas Hidrotermal Pada Batuan Metamorf di Pegunungan Rumbia, Kabupaten Bombana, Propinsi Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan XII, FTM-UPN Veteran* Yogyakarta, hal. 123-131.
- Herman, D.Z., 2006. Model Fasies Gunung Api Dalam kaitannya Dengan Ubahan Hidrotermal dan Mineralisasi Di Daerah Selogiri, Kabupaten Wonogiri-Jawa Tengah. *Buletin Sumberdaya Geologi*, Vol 1, No. 1: 43-53.
- Idrus, A., Fatimah, D.Y., dan Hakim, F., 2015. Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Emas Pada Sistem Epitermal Prospek Randukuning, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8, Teknik Geologi-UGM, Yogyakarta*.
- Imai, A., Shinomiya, J., Soe, M.T., Setijadji, L.D., Watanabe, K., and Warmada, I.W., 2007. Porphyry-Type Mineralization at Selogiri Area, Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia. *Resources Geology*, vol. 57, no. 2: 230-240.
- Li, G., Li, J., Qin, K., Duo, J., Zhang, T., Xiao, B., and Zhao, J., 2011. Geology and Hydrothermal Alteration of the Duobuza Gold-Rich Porphyry Copper District in the Bangongco Metal-logenetic Belt, Northwestern Tibet. *Resource Geology* Vol. 62, No. 1: 99-118.
- Liu, x., Wang, W., and Zhang, D., 2021. The Mechanisms Forming the Five-Floor Zonation of Quartz Veins: A Case Study in the Piaotang Tungsten-Tin Deposit, Southern China. *Minerals*, Vol. 11, No. 883: 1-20.
- Mc Clay, K.R., 2007. *The Mapping Of Geological Structures*. John Wiley and Sons, London.
- Oo, K., Warmada, I.W., Titisari, A.D., and Watanabe, K., 2019. Ore Forming Fluid of Epithermal Quartz Veins at Cisuru Prospect, Papandayan District, West Java, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environmentt and Technology*. Vol. 4. No. 3: 170-177.

- Patria, A. and Aulia, A.N., 2020. Structural And Earthquake Evaluations Along Java Subduction Zone, Indonesia. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, Vol. 30, No. 1: 65-79.
- Pluijm, B.A.V.D. and Marshak, S., 2004. *Earth Structure, an Introduction to Structural Geology and Tectonics*. 2nd edition, WW Norton Company, New York.
- Prasetyadi, C., Sudarno, I., Indranadi, V.B., dan Surono, 2011. Pola dan Genesa Struktur Geologi Pegunungan Selatan, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, Vol. 21, No. 2 : 91-107.
- Putranto, E.D., Suprpto dan Harjanto, A., 2016. Studi Geologi, Alterasi dan Mineralisasi Endapan Epitermal Sulfida Tinggi, Daerah Prospek Rasik, Ayam Hitam dan Sekitarnya, Desa Lanut, Kecamatan Lodayang, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea* Vol. 3, No. 2: 45-60.
- Rahmadani, V.B., Bahar, H., Yuwanto, S.H., dan Utamakno, L., 2021. Studi Alterasi dan Mineralisasi Daerah Keloran dan Sekitarnya, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan ITATS Surabaya*, Vol. 3, No. 1: 482-486.
- Shulgin, A., Kopp, H., Meller, C., Planert, L., Lueschen, E., Flueh, E.R., and Djajadihardja, Y., 2011. Structural architecture of oceanic plateau subduction offshore Eastern Java and the potential implications for geohazards. *Geophysical Journal International*, Vol. 184: 12-28.
- Singhal, B.B.S., and Gupta, R.P., 2010. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*. Springer Science Business Media.
- Song, Y, Yang, C, Wei, S., Yang, H., Fang, X. and Lu, H., 2018. Tectonic Control, Reconstruction and Preservation of the Tiegelongnan Porphyry and Epithermal Overprinting Cu (Au) Deposit, Central Tibet, China. *Journal Minerals*, Vol. 8, No. 398: 1-17.
- Surono, Toha, B. dan Sudarno, I., 1992. *Peta Geologi Regional Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa*. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sutarto, Idrus, A., Putranto, S., Harijoko, A., Setijadi, L.D., Meyer, F.M., dan Danny, R., 2014. Hydrothermal Alteration and Vein Types of The Randu Kuning Porphyry Cu-Au Deposit, At Selogiri Area, Wonogiri. *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol. 9, No. 1: 41-54.
- Sutarto, Idrus, A., Harijoko, A., Setijadi, L.D., Meyer, F.M., Sindern, S., dan Putranto, S., 2016. Hydrothermal Alteration and Mineralization of the Randu Kuning Porphyry Cu-Au and Intermediate Sulphidation Epithermal Au-Base Metals Deposits in Selogiri, Central Java, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, Vol. 1, No. 1: 1-18.
- Tuduri, J., Chauvet, A., Barbanson, L., Bourdier, J.L., Labriki, M, Ennaciri, A., Badra, L., Dubois, M., Leloix, C.E., Sizaret, S. and Maacha, L., 2018. The Jbel Saghro Au(-Ag, Cu) and Ag-Hg Metallogenic Province: Product of a Long-Lived Ediacaran Tectono-Magmatic Evolution in the Moroccan Anti-Atlas. *Journal Minerals*, Vol. 8, No. 592: 1-48.
- Verdiansyah, O., Muharif, D., dan Sukadana, I. G., 2020. Indikasi Mineralisasi Tipe Porfiri di Daerah Summersari, Kompleks Pegunungan Kulon Progo, Purworejo, Indonesia. *Jurnal Eksplorium*, Vol. 41, No. 2: 115-128.

- Verdiansyah, O., Hartono, H.G., dan Sugarbo, O., 2021. Review of The volcanosetting concept to discover the precious metal mineralization in Sunda Arc, Indonesia: an Approach Proposal for Mineral Exploration.
- Wertich, V., Leichmann, J., Dosbaba, M., and Gotze, J., 2018. Multi-Stage Evolution of Gold-Bearing Hydrothermal Quartz Veins at the Mokrsko Gold Deposit (Czech Republic) Based on Cathodoluminescence, Spectroscopic, and Trace Elements Analyses. *Minerals*, Vol. 8, No. 355.
- Wahyudiono, J., Abdullah, C.I., dan Abidin, H.Z., 2011. Kontrol Sesar Terhadap Pola Sebaran Urat Kuarsa Dan Mineralisasi Emas Daerah Kutawaringin, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, Vol. 21, No. 3: 163-175.
- Widagdo, A., 2008. Fasse-Fase Tektonik Pembentuk Ruang Mineralisasi Emas Di Daerah Selogiri, Wonogiri. *Jurnal Dinamika Rekayasa*, Vol. 4, No. 1: 22-29.

Diterima	: 2 Mei 2022
Direvisi	: 11 Juli 2022
Disetujui	: 31 Agustus 2022