



## **IDENTIFIKASI LITOLOGI DAN STRUKTUR SERTA KAITANNYA TERHADAP MINERALISASI EMAS DI DAERAH RATATOTOK SELATAN MINAHASA TENGGARA SULAWESI UTARA**

**M A Azzaman<sup>a,\*</sup>, A Idrus<sup>b</sup>, A D Titsari<sup>b</sup>, I S Ambarsari<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo  
Kampus Hijau Bumi Tridharma, UHO Kendari

<sup>b</sup>Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika Bulaksumur No.2, UGM,  
D.I. Yogyakarta

<sup>c</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo  
Kampus Hijau Bumi Tridharma, UHO Kendari

### **Intisari**

Lengan utara Sulawesi menjadi tempat ditemukan berbagai jenis endapan mineral, salah satunya adalah endapan emas tipe Carlin yang ditemukan di lokasi penelitian ini, tepatnya di daerah Ratatotok Selatan, Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa Tenggara Sulawesi Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi litologi dan struktur geologi serta kaitannya terhadap mineralisasi emas yang terjadi. Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, yaitu pengambilan data lapangan dan analisis laboratorium. Data lapangan yang diambil berupa data litologi dan struktur geologi. Analisis laboratorium yang digunakan adalah analisis petrografi untuk litologi dan analisis diagram *rose* dan stereonet untuk struktur geologi. Hasilnya menunjukkan bahwa litologi yang ditemukan di daerah penelitian didominasi oleh batugamping, breksi andesit porfiri, dan endapan koluvial serta sejumlah kecil andesit, batulempung dan tuff yang diduga sebagai fragmen dalam breksi. Struktur geologi yang hadir terdiri dari kekar, sesar geser dekstral (berarah barat daya – timur laut dan barat laut – tenggara) dan sesar geser dekstral diperkirakan (berarah timur laut – tenggara) yang dibentuk oleh tegasan utama berarah relatif barat laut - tenggara. Hadir juga beberapa kelurusan yang diduga merupakan struktur berarah relatif utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut. Batugamping teralterasi silifikasi dan termineralisasi emas memiliki persebaran yang mengikuti kelurusan – kelurusan berarah utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut. Oleh karena itu, eksplorasi untuk pengembangan endapan emas tipe Carlin di daerah penelitian perlu mengarah kepada kedua kriteria tersebut yaitu batugamping teralterasi silifikasi dan kelurusan – kelurusan struktur berarah utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut.

**Kata Kunci:** eksplorasi, endapan emas, tipe Carlin, Ratatotok, Minahasa Tenggara

### **Abstract**

The northern arm of Sulawesi is an area where various types of mineral deposits are located, one of which is the Carlin type gold deposit found at this research location, precisely in the South Ratatotok area, Ratatotok District, Southeast Minahasa Regency, North Sulawesi Province. This study aims to identify the lithology and geological structure and their relation to the gold mineralization in the area. This research was conducted through two stages including field data collection and laboratory analysis. Field data taken are lithological and geological structure data. The laboratory analysis applied is petrographic analysis for lithology and rosette and stereonet diagram analysis for geological structures. The results show that the lithology found in the study area is dominated by limestone, porphyritic andesite breccias, and colluvial deposits as well as small amounts of andesite, claystone and tuff which are interpreted to be the fragments in the breccias. The geological structure developed consists of shear joints, dextral strike-slip faults (trending relatively southwest-northeast and northwestern-southeast) and interpreted dextral shear faults (northeast-southeast trending) formed by the relatively northwest-southeast compressive stress. There are also several lineaments that are thought to be relatively north-south, northwest-southeast, and southwest-northeast structures. Silicified limestone and its gold mineralisation show the typical distributions that follow the structural lineament of relatively north-south, northwest-southeast, and southwest-northeast trend. Therefore, exploration for the development of Carlin type gold deposits in the study area needs to be focused on these two criteria, namely silicified altered limestones and relatively north-south, northwest-southeast, and southwest-northeast structural lineaments.

**Keywords:** exploration, gold deposit, Carlin type, Ratatotok, Southeast Minahasa

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang terletak di dalam tatanan tektonik aktif. Tatanan tektonik aktif berupa subduksi ini membentuk berbagai busur magmatik seperti busur Sunda-Banda, busur Sumatra-Meratus, busur Kalimantan Tengah, busur Sulawesi – Mindanao Timur, busur Halmahera, dan busur Irian Jaya Tengah [1]. Subduksi pada busur magmatik Sulawesi – Mindanao Timur membentuk berbagai endapan mineral di Lengan Utara Sulawesi, salah satunya adalah emas.

Salah satu daerah yang pernah menjadi penghasil emas di Indonesia adalah Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara [2, 3] yang digolongkan sebagai endapan emas tipe Carlin [4]. Berdasarkan eksplorasi yang pernah dilakukan oleh PT Newmont Minahasa Raya (PT NMR) sebelumnya, mineralisasi emas tersebar luas di daerah Ratatotok, utamanya pada prospek Mesel dengan luas wilayah 8 x 5 km, di mana total sumberdayanya mencapai 12,25 Mt. @ 5,21 g/t Au [5].

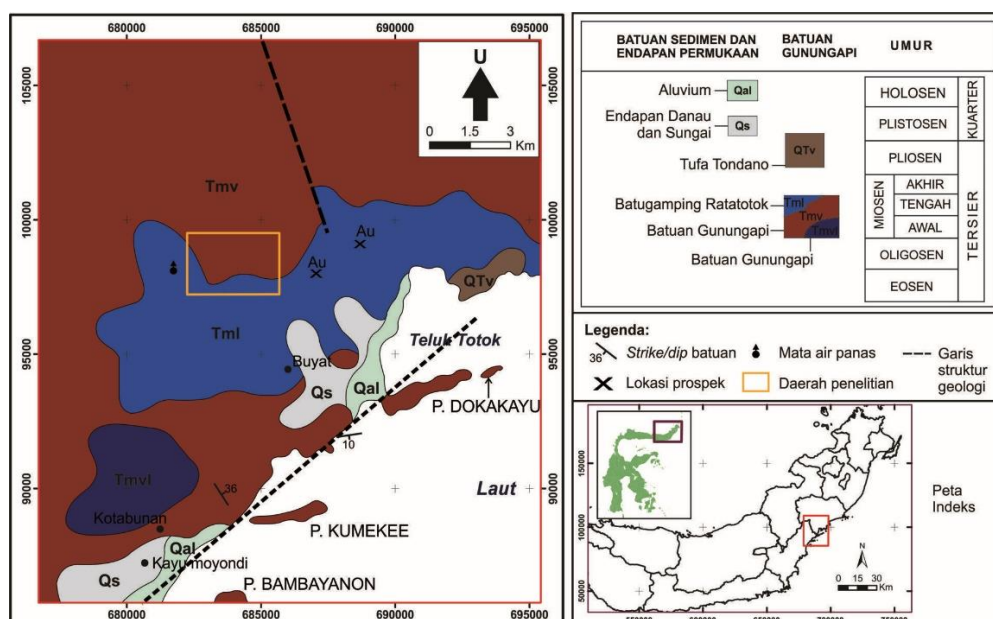
Di dekat prospek Mesel, Desa Ratatotok Selatan, Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara, mineralisasi emas sebenarnya juga ditemukan pada beberapa tempat yang oleh PT NMR dinamakan sebagai Prospek Leon, Bulex Hill, Heind's Find dan Monkey Forest. Saat ini, Prospek Leon dan Bulex Hill termasuk ke dalam wilayah IUP PT Sumber Energi Jaya (PT SEJ) di mana alterasi dan mineralisasi di daerah ini telah dilakukan baik melibatkan sampel permukaan [6] maupun sampel bawah permukaan dari pengeboran [7]. Untuk

menentukan arah kegiatan eksplorasi lanjutan pada wilayah IUP PT SEJ dan sekitarnya yang meliputi empat prospek tersebut maka identifikasi litologi dan struktur geologi di daerah ini penting untuk diketahui sehingga perlu dikaji lebih lanjut.

## 2. GEOLOGI REGIONAL

Surono [8] membagi fisiografi Pulau Sulawesi menjadi beberapa lengan. Mengacu pada pembagian tersebut, daerah Ratatotok terletak pada morfologi pegunungan di Lengan Utara Sulawesi bagian timur. Daerah Ratatotok terletak di Minahasa Tenggara, di mana secara regional wilayah ini berada pada bagian barat daya dari peta geologi regional lembar Manado skala 1: 250.000 (nomor lembar 2416 dan 2417) yang disusun oleh Effendi dan Bawono [9].

Berdasarkan peta geologi regional tersebut, formasi – formasi batuan yang menyusun daerah Ratatotok dari yang paling tua adalah Batuan Gunungapi (Tmvl), Batuan Gunungapi (Tmv), Batugamping Ratatotok (Tml), Tufa Tondano (Tmv), Endapan Danau dan Sungai (Qs) dan Aluvium (Qal) (Gambar 1). Mengacu pada peta formasi batuan di atas, maka lokasi penelitian tersusun atas dua formasi batuan, yaitu Batuan Gunungapi Tmv berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir dan Batugamping Ratatotok (Tml) berumur Miosen Tengah. Surono dan Hartono (2013) membagi pembahasan struktur di Lengan Utara Sulawesi menjadi tiga bagian, yaitu bagian barat (daerah Tolitoli dan sekitarnya), bagian tengah (daerah Gorontalo dan sekitarnya) dan bagian timur (daerah Manado dan sekitarnya).



**Gambar 1.** Formasi batuan pada peta geologi lembar Manado bagian barat daya [9] dan lokasi penelitian (kotak kuning)

Struktur geologi yang berkembang pada bagian timur yaitu sesar geser, sesar turun dan depresi. Secara lokal, struktur geologi utama yang melewati daerah Rataotok yaitu Zona Patahan Limpoga yang memiliki arah relatif Barat Daya – Timur Laut. Struktur geologi lain yang berkembang di daerah Ratatotok adalah struktur sesar *oblique* naik sinistral sudut menengah hingga tinggi berarah Utara Barat Laut. Struktur ikutan sesar *oblique* tersebut memiliki arah relatif Barat Laut atau sekitar N 300°E dan Barat Daya - Timur Laut [5].

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang berlokasi di Desa Ratatotok Selatan, Kecamatan Ratotok, Kabupaten Minahasa Tenggara ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu pengambilan data lapangan dan analisis laboratorium. Data lapangan yang diambil berupa data litologi dan struktur geologi. Data litologi kemudian didekripsi secara megaskopis untuk mengetahui karakteristik tekstur, struktur dan komposisi batuan. Selain itu, karakteristik litologi tersebut juga deskripsi secara mikroskopis di laboratorium dengan analisis petrografi,

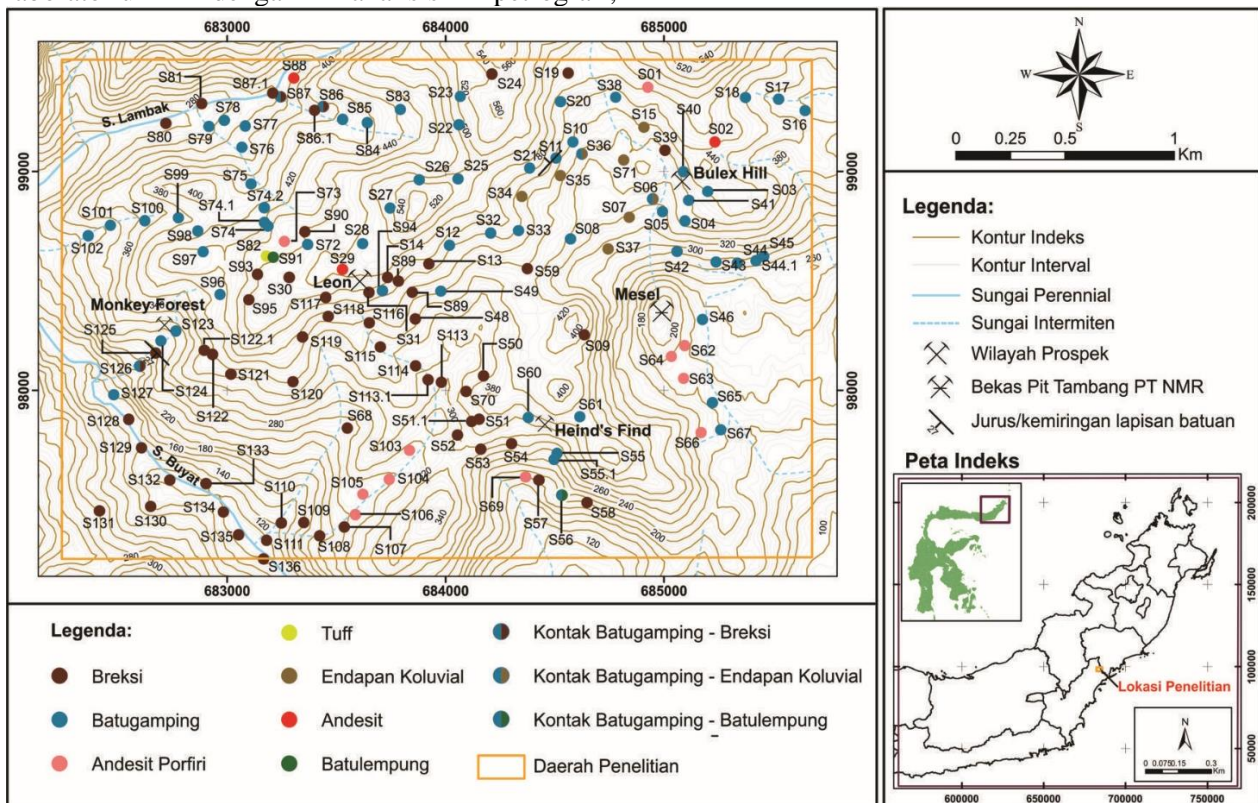
menggunakan mikroskop polarisasi. Pengamatan petrografi dilakukan di Laboratorium Geologi Optik, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada dengan menggunakan mikroskoptrinokular tipe Olympus CX-31 yang dipasangkan dengan kamera Canon EOS 700D untuk menangkap fotomikrograf sayatan tipis. Sementara itu, data struktur geologi baik kekar maupun sesar yang diperoleh dari pengukuran di lapangan dianalisis masing – masing dengan menggunakan diagram *rosedan* stereogram untuk menginterpretasikan arah gaya utama pembentuk struktur tersebut.

### 4. HASIL DAN DISKUSI

Observasi geologi berupa litologi dan struktur dilakukan pada 136 titik pengamatan di lokasi penelitian (Gambar 2).

#### 4.1. Litologi

Litologi yang menyusun daerah penelitian didominasi oleh batugamping, breksi, andesit porfiri, dan endapan koluvial. Litologi lain seperti andesit, tuff dan batulempung juga ditemukan namun persebarannya tidak banyak (Gambar 2) sehingga tidak dijelaskan pada bagian ini.



Gambar 2. Peta sebaran lokasi pengamatan

#### 4.1.1. Batugamping

Singkapan batugamping secara umum dicirikan dengan bentukan hasil karstifikasi yang intensif sehingga menyebabkan terbentuknya lubang – lubang bekas pelarutan atau dalam intesitas yang lebih besar membentuk gua. Bidang perlapisan

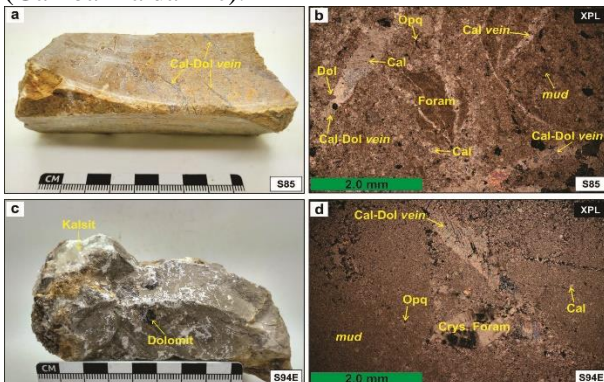
pada satuan ini sulit ditemukan kecuali pada lokasi tertentu saja seperti pada lokasi pengamatan S11 yang menunjukkan kedudukan lapisan N223°E/80°. Singkapan batugamping pada setiap titik memiliki karakteristik serupa, yaitu menunjukkan gejala karstifikasi, salah satunya adalah terbentuknya

lapies (Gambar 3a) atau bentukan tidak rata pada permukaan batugamping akibat adalah proses pelarutan. Selain karstifikasi, batugamping pada stasiun pengamatan S44 mengalami breksiasi (Gambar 3b) yang diduga terbentuk sebagai akibat dari pergerakan sesar geser dekstral berarah timur laut – barat daya.



**Gambar 3.** (a) Kenampakan lapies pada lokasi titik pengamatan S97 dan (b) batugamping terbreksiasi yang terlihat pada titik pengamatan S44.

Secara makroskopis, batugamping ini berwarna berwarna putih namun terkadang berwarna coklat kemerah-merahan, tersusun atas dolomit, kalsit, pecahan cangkang foraminifera, dan material karbonatan lainnya berukuran lanau hingga lempung. Selain itu, dijumpai juga kristal dan urat – urat kalsit berwarna hitam keabuan maupun putih (Gambar 4a dan 4c).

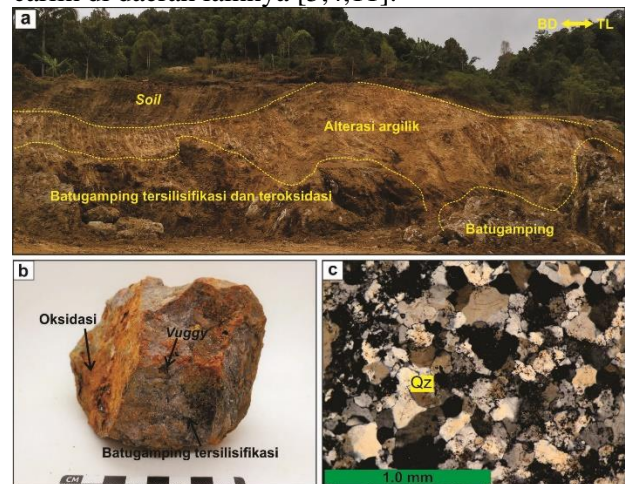


**Gambar 4.** (a - b) Kenampakan contoh setangan batugamping pada lokasi titik amat S85 dan (c - d) pada lokasi pengamatan S94 secara petrologi dan petrografi. Keterangan: cal = kalsit, crys. foram = foraminifera yang terkristalisasi, cal vein = urat kalsit, cal-dol vein = urat kalsit-dolomit, dol = dolomit, foram = foraminifera, mud = lumpur karbonat, opq = mineral opak

Dua sampel yang mewakili satuan batugamping yaitu batugamping pada titik amat S85 dan S94E diamati secara petrografi (Gambar 4b dan 4d) untuk melihat material penyusun yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang maupun dengan bantuan lup. Deskripsi petrografi menunjukkan bahwa batuan berwarna coklat, ukuran butir penyusun <math><0.1\text{ mm} - 2\text{ mm}</math>, hubungan antar butir mud supported dan tersusun atas fragmen berupa kalsit (5%), cangkang foraminifera (5%), mineral opak (2%) dan matriks berupa lumpur karbonat atau mud (88%). Kedua sampel batugamping ini dipotong oleh urat kalsit – dolomit dan urat kalsit. Perbedaannya adalah cangkang foraminiferapada sampel batugamping S94E

mengalami kristalisasi menjadi kalsit (Gambar 5.9e) sedangkan pada batugamping S85 tidak mengalami kristalisasi. Mengacu pada klasifikasi batugamping [10], batugamping ini dikategorikan sebagai *wackestone*.

Pada lokasi pengamatan S41, S61, S94 dan S123, batugamping ini mengalami alterasi silisifikasi dan dilanjutkan dengan oksidasi yang biasanya ditutup oleh alterasi argilik (Gambar 5a dan 5b). Alterasi silisifikasi dicirikan oleh kehadiran tekstur *vuggy* (Gambar 5b) dan melimpahnya mineral kuarsa yang muncul sebagai pengganti mineral atau material karbonat pada batugamping (Gambar 5c). Batugamping tersilisifikasi menjadi *host* mineralisasi emas di daerah ini [6,7] dan berbagai endapan emas tipe carlin di daerah lainnya [5,4,11].



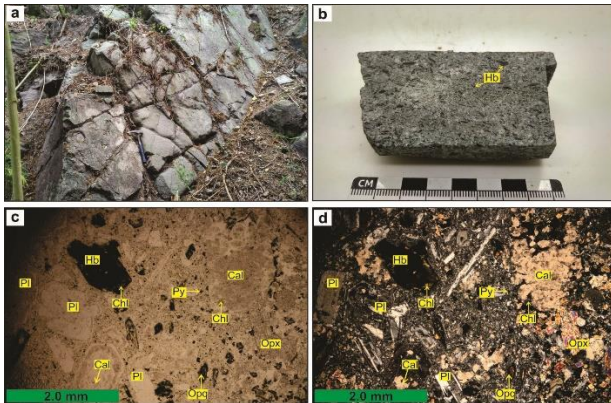
**Gambar 5.** (a) Alterasi silisifikasi dan argilik pada singkapan, (b) Contoh setangan batugamping tersilisifikasi, teroksidasi dan kenampakan tekstur *vuggy*, (c) Fotomikrograf batugamping tersilisifikasi yang menunjukkan kehadiran mineral sekunder kuarsa pada lokasi pengamatan S94.

#### 4.1.2. Andesit Porfiri

Kenampakan batuan intrusi di lapangan menunjukkan warna abu-abu, ukuran <math><1 - 2\text{ mm}</math>. tekstur berdasarkan tingkat kristalinitas yaitu holokristalin, tekstur berdasarkan granularitas yaitu inequigranular porfiritik, tipe faneroporfiritik, terkekarkan (Gambar 6a dan 6b), dan tersusun atas fenokris berupa plagioklas, hornblend, mineral opak dan masa dasar berupa material berukuran halus. Tekstur porfiritik yang teramati mengindikasikan bahwa batuan terobosan ini merupakan batuan intrusi hipabisal.

Berdasarkan hasil analisis petrografi, terlihat bahwa batuan ini memiliki tekstur porfiritik, yaitu fenokris berukuran kasar tertanam dalam massa dasar berukuran lebih halus. Secara komposisi, batuan ini tersusun atas fenokris berupa plagioklas, hornblend, ortopiroksen dan massa dasar berupa mikrolit plagioklas dan mineral kriptokristalin lainnya. Fenokris dan massa dasar ini secara

selektif telah mengalami alterasi dengan tingkat alterasi lemah menjadi kalsit, klorit dan mineral opak. Mineral primer berubah menjadi mineral-mineral sekunder tertentu. Sebagai contoh, plagioklas dan mikrolit plagioklas secara selektif berubah menjadi kalsit, sementara hornblend tergantikan oleh mineral sekunder klorit dan mineral opak pada bagian tepinya. Salah satu jenis mineral opak yang dapat dikenali pada sampel ini yaitu pirit karena bentuknya yang *rhombic* euhedral (Gambar 6c dan 6d).



**Gambar 6.** (a-b) Kenampakan conto setangan batugamping pada lokasi titik amat S85, (b-c) pada fotomikrograf sampel batugamping S94.

Selain hadir sebagai batuan terobosan, intrusi andesit porfiri ini juga hadir sebagai sill diantara batugamping yang tersingkap pada titik pengamatan S55 dari hasil *trenching* oleh PT SEJ. Keberadaan sill di lapangan mudah dikenali karena kontak antara batugamping dan andesit porfiri ini menunjukkan kenampakan seperti efek bakar berwarna hitam. (Gambar 7).



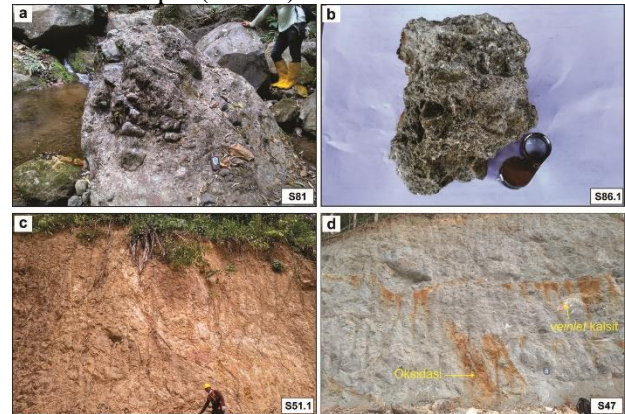
**Gambar 7.** Intrusi andesit porfiri yang hadir sebagai *sill* di titik pengamatan S55

#### 4.1.3. Breksi

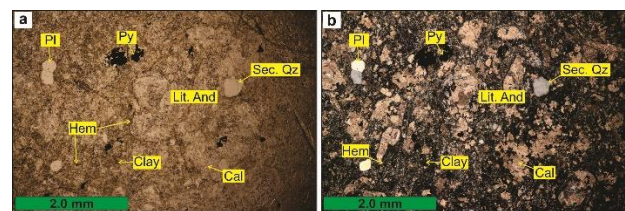
Breksi andesit merupakan litologi yang umum ditemui pada satuan ini. Litologi lain seperti andesit lava, tuff dan batulempung sebenarnya juga ditemukan namun dianggap sebagai fragmen pada dalam breksi ini karena hanya ditemukan pada beberapa titik saja. Pada lokasi pengamatan S125,

ditemukan perlapisandengan kedudukan N135°E/27°.

Litologi breksi, secara makroskopis, menunjukkan warna segar hitam keabu-abuan dan warna lapuk abu-abu kehijau-hijauan, ukuran butir pasir-bongkah, kemas terbuka, *matrix supported*, bentuk fragmen menyudut tanggung (*subangular*), tersusun atas fragmen batuan beku berupa andesit dan matriks berupa material berwarna putih kehijauan berukuran pasir (Gambar 8a). Pada beberapa lokasi pengamatan, batuan ini teralterasi propilitik, dicirikan dengan kehadiran mineral berwarna hijau baik pada matriks maupun pada fragmennya (Gambar 8b), argilik yang dicirikan dengan kehadiran mineral lempung berwarna putih (Gambar 8c), dan karbonatisasi serta oksidasi (Gambar 8d). Batuan yang mengalami alterasi karbonatisasi memperlihatkan urat-urat tipis (*veinlet*) kalsit.



**Gambar 8.** (a) Kenampakan singkapan breksi yang relatif lebih segar, (b) litologi breksi yang mengalami alterasi propilitik, (c) argilik, dan (d) karbonatisasi dan oksidasi



**Gambar 9.** Fotomikrograf breksi S136 pada pengamatan (a) PPL dan (b) XPL. Keterangan: Cal = kalsit, clay = mineral lempung, Hem = hematit, Lit. And = litik andesit, Pl = plagioklas, Py = pirit, Sec. Qz = kuarsa sekunder

Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa material primer penyusun batuan, baik fragmen maupun matriksnya, hampir seluruhnya telah berubah menjadi mineral sekunder seperti kalsit, mineral lempung dan kuarsa. Kalsit adalah mineral sekunder yang paling umum ditemukan menggantikan plagioklas pada sampel ini. Mineral sekunder lain yang juga ditemukan yaitu pirit dan mineral opak lainnya yang tidak dapat diidentifikasi jenisnya. Beberapa bagian komponen mengalami oksidasi terutama pada batas kontak

antara fragmen dan matriks menjadi hematit (Gambar 9a dan 9b).

#### 4.1.4. Endapan Koluvial

Batuan ini menempati daerah timur laut dan menerus hingga bagian tengah daerah penelitian. Endapan ini berwarna coklat keabu – abuan dan bersifat konglomeratik, artinya fragmen – fragmen penyusunnya berupa andesit, andesit porfiri dan batugamping, secara umum memiliki bentuk yang membulat hingga membulat tanggung (Gambar 10) serta tertanam di dalam matriks yang lepas–lepas berukuran butir pasir hingga lanau.



**Gambar 10.** Foto endapan koluvial yang memperlihatkan fragmen andesit porfiri berbentuk bulat hingga membulat tanggung

#### 4.2. Struktur Geologi

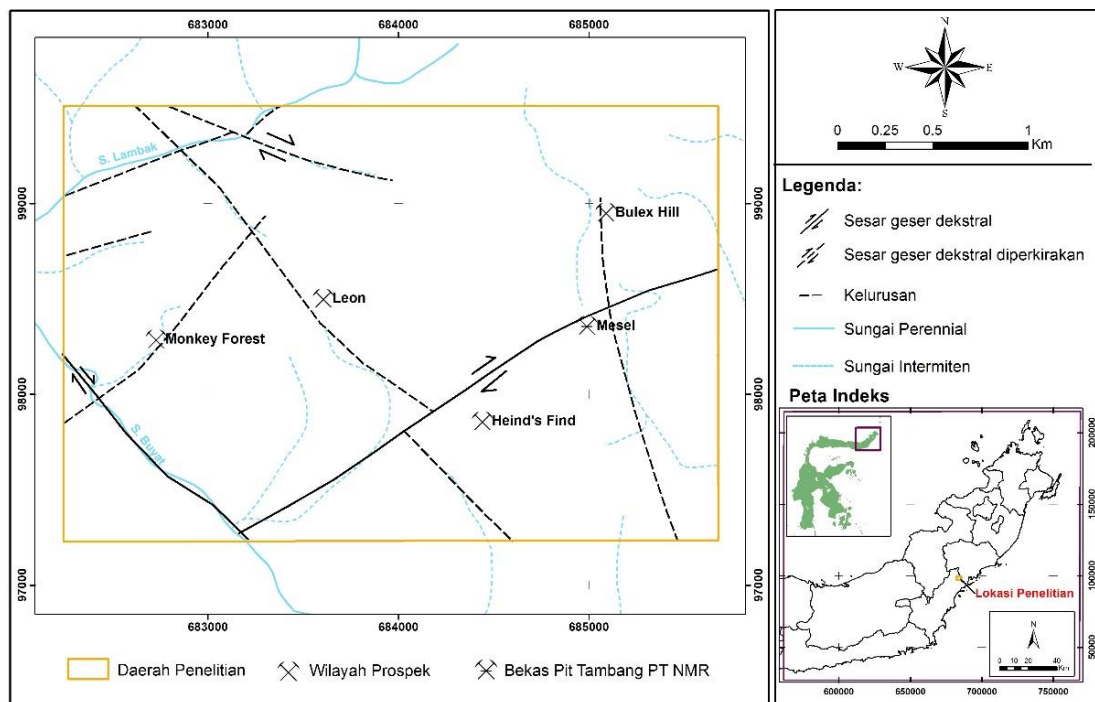
Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian merupakan struktur geologi yang terbentuk dari hasil deformasi rapuh yaitu

deformasi ketika batas elastisitas dan plastisitas suatu material, dalam hal ini batuan, telah terlampaui. Deformasi jenis ini menghasilkan struktur geologi berupa kekar dan patahan.

Berdasarkan hasil interpretasi peta kelurusan dan pengamatan struktur di lapangan, diketahui bahwa struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian yaitu kekar dan sesar berupa sesar geser dekstral dan sesar geser dekstral diperkirakan. Peta sesar di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 11.

##### 4.2.1. Kekar

Secara genetik, struktur kekar yang dijumpai di daerah penelitian terdiri dari kekar gerus (kekar berpasangan). Jenis kekar ini terbentuk dengan arah relatif menyudut lancip terhadap arah gaya tekan dan memiliki kecenderungan untuk bergerak menjadi sesar[12]. Struktur kekar yang ditemukan di daerah penelitian ditemukan pada semua jenis batuan, kecuali pada satuan endapan koluvial. Saat pengambilan data, kenampakan kekar gerus di lapangan hadir dalam bentuk retakan- retakan yang berpasangan dan ditemukan baik pada litologi breksi (Gambar 12a dan 12b) maupun andesit porfiri (Gambar 12c). Kekar-kekar ini kemudian terisi oleh urat kalsit (Gambar 12a) dan di beberapa tempat mengalami oksidasi (Gambar 12b).



**Gambar 11.** Peta struktur geologi di daerah penelitian

Kekar berpasangan yang ditemukan direkam ke dalam buku catatan lapangan. Pengukuran arah kekar untuk menentukan arah gayautama

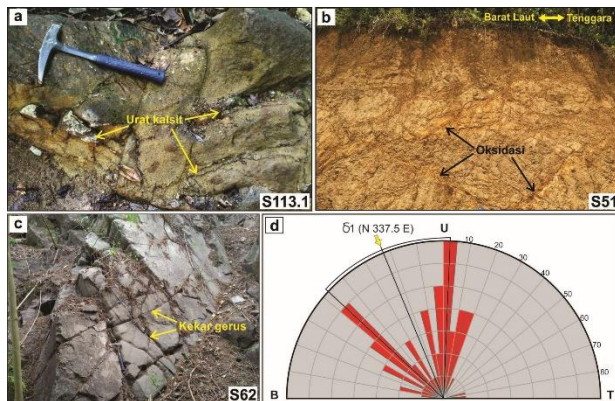
pembentuk kekar hanya dilakukan pada lokasi yang memiliki kenampakan dan orientasi arah kekar yang jelas dalam jumlah yang relatif banyak, yaitu

pada kekar yang ditemukan pada titik pengamatan S51, dalam litologi breksi (Gambar 12b). Pada lokasi ini, pengukuran dilakukan pada 60 kekar atau 30 pasang kekar gerus (data kedudukan kekar yang telah dikompilasi dapat dilihat pada Tabel 1). Selanjutnya, data kedudukan kekar berupa jurus bidang kekar tersebut dianalisis dengan menggunakan diagram setengah *rose*. Hasil dari analisis tersebut menunjukkan bahwa gaya utama pembentuk kekar-kekar ini memiliki arah relatif barat laut – tenggara atau N 337.5°E (Gambar 12d).

**Tabel 1.**

Hasil pengukuran data jurus bidang kekar (N...°E)

No.	Jurus	No.	Jurus	No.	Jurus	No.	Jurus
1	13	16	149	31	348	46	130
2	320	17	326	32	358	47	355
3	195	18	127	33	9	48	196
4	139	19	4	34	198	49	129
5	166	20	125	35	184	50	130
6	349	21	339	36	4	51	357
7	2	22	1	37	10	52	359
8	190	23	311	38	170	53	134
9	118	24	152	39	197	54	123
10	2	25	255	40	306	55	100
11	278	26	119	41	29	56	88
12	10	27	354	42	110	57	346
13	284	28	356	43	5	58	343
14	4	29	130	44	145	59	6
15	286	30	319	45	115	60	11



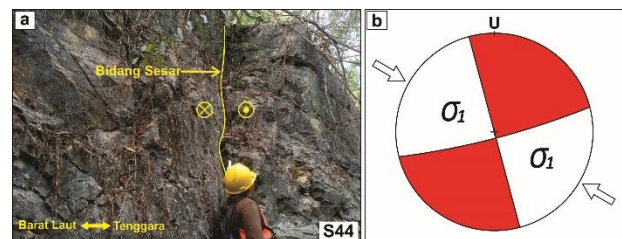
**Gambar 12.**(a) Kenampakan kekar pada breksi yang terisi oleh kalsit, (b) Kekar pada breksi yang mengalami oksidasi, (c) Kekar gerus yang terbentuk pada litologi andesit porfiri, (d) Hasil analisis penentuan arah gaya utama pembentuk kekar pada lokasi pengamatan S51

#### 4.2.2. Sesar

Struktur sesar yang ditemukan di daerah penelitian terdiri dari sesar geser dekstral dan sesar geser dekstral diperkirakan. Sesar geser dekstral yang ditemukan ada dua yaitu sesar geser dekstral berarah barat laut – tenggara (mengikuti kelurusan Sungai Buyat) dan sesar geser dekstral berarah timur laut – barat daya (Gambar 11). Di lapangan,

singkapan batuan yang menunjukkan bidang sesar geser berarah barat laut - tenggara sulit ditemukan, sehingga penegasan sesar ini hanya didasarkan pada pola kelurusan sungai buyat.

Sesar geser dekstral yang menempati wilayah bagian tenggara daerah penelitian memiliki arah relatif timur laut – barat daya. Kenampakan bidang sesar ini sangat jelas terlihat pada singkapan batugamping di lokasi pengamatan S44. Pada lokasi ini, indikasi pergerakan sesar geser dapat diketahui dari terbentuknya breksiasi pada litologi batugamping yang dilewati sesar ini (Gambar 3b). Selain itu ditemukan juga bidang sesar dengan kedudukan N 75°E/85° (Gambar 13a). Hasil analisis stereografis menunjukkan bahwa gaya utama pembentuk sesar geser ini yaitu berarah relatif barat laut – tenggara (Gambar 13.b). Arah tegasan utama ini relatif sama dengan arah tegasan yang membentuk kekar gerus pada pembahasan sebelumnya. Oleh karena itu, kedua sesar ini diinterpretasikan terbentuk pada satu fase tektonik yang sama.



**Gambar 13.** (a) Kenampakan bidang sesar geser dekstral pada singkapan batugamping di lokasi pengamatan S44, (b) Hasil analisis menggunakan metode stereografis yang menunjukkan arah tegasan utama berarah barat laut – tenggara

Sesar geser lain yang terbentuk di daerah penelitian adalah sesar geser dekstral diperkirakan. Sesar geser ini menempati bagian utara daerah penelitian dan memiliki arah relatif barat laut – tenggara. Bukti kehadiran sesar ini tidak ditemukan secara langsung di lapangan. Meskipun demikian, penarikan sesar ini tetap dilakukan karena adanya *offset* litologi yang mengikuti kelurusan lembah.

## 5. IMPLIKASI TERHADAP EKSPLORASI

Pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya menjelaskan bahwa batugamping di daerah penelitian mengalami alterasi silisifikasi. Hasil analisis geokimia yang dilakukan oleh Azzaman dkk., (2021), batugamping yang mengalami alterasi silisifikasi ini mengandung emas. Hal ini serupa dengan yang terjadi pada endapan emas tipe Carlin di daerah lain, di mana emas berada di dalam batugamping yang mengalami alterasi silisifikasi [13,5,4].

Struktur geologi yang ditemukan di daerah penelitian adalah struktur kekar, sesar geser dekstral

dan sesar geser dekstral diperkirakan. Selain struktur - struktur geologi tersebut sebenarnya terdapat juga kelurusan lembah yang diinterpretasikan terbentuk sebagai akibat dari pergerakan sesar, namun karena proses eksogenik seperti pelapukan dan erosi yang berlangsung sangat efektif sehingga bukti pergerakan sesar tersebut sulit ditemukan di lapangan. Kelurusan-kelurusan tersebut memiliki arah relatif mengikuti persebaran alterasi yang dideliniasi oleh Azzaman [6]. Kelurusan utara-selatan searah dengan arah orientasi alterasi silisifikasi pada prospek Bulex Hill, kelurusan barat laut – tenggara (mengikuti orientasi alterasi silisifikasi pada prospek Leon dan prospek Heind's Find) dan kelurusan berarah barat daya – timur laut cenderung searah dengan arah memanjang alterasi silisifikasi pada prospek Monkey Forest. Struktur yang direpresentasikan oleh kelurusan lembah tersebut diinterpretasikan sebagai struktur yang masih terkait dengan Zona Patahan Limpoga berarah Barat Daya – Timur Laut di sebelah utara lokasi penelitian [5]. Struktur-struktur ini diinterpretasikan bertindak sebagai jalur naiknya fluida hidrotermal yang kemudian mengalterasi batuan sekitar yang dilewatinya, dalam hal ini adalah batugamping, breksi dan andesit porfiri yang ada di daerah penelitian, sehingga kehadiran struktur ini diduga menjadi faktor pengontrol alterasi dan mineralisasi emas tipe Carlin di daerah penelitian, seperti yang telah dilaporkan di daerah lain [14][15][16].

Oleh karena itu, deliniasi batas batugamping tersilisifikasi terutama yang memiliki arah persebaran struktur berarah utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut penting untuk dilakukan dalam eksplorasi dan pengembangan emas tipe Carlin yang ada di daerah ini.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan maka dapat disimpulkan bahwa litologi yang ditemukan di daerah penelitian didominasi oleh batugamping, breksi andesit porfiri, dan endapan koluvial serta sejumlah kecil andesit, batulempung dan tuff yang diduga sebagai fragmen dalam breksi. Struktur geologi yang hadir terdiri dari kekar, sesar geser dekstral (berarah barat daya – timur laut dan barat laut – tenggara) dan sesar geser dekstral diperkirakan (berarah timur laut – tenggara) yang dibentuk oleh tegasan utama berarah relatif barat laut – tenggara. Hadir juga beberapa kelurusan yang diduga merupakan struktur berarah relatif utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut. Batugamping teralterasi silisifikasi dan mineralisasi emas

memiliki persebaranyang mengikuti kelurusan – kelurusan berarah utara – selatan, barat laut – tenggara, dan barat daya – timur laut, sehingga eksplorasi untuk pengembangan endapan emas tipe Carlin di daerah penelitian perlu mengarah kepada kedua kriteria tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan atas dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu Kami mengucapkan terimakasih kepada PT Sumber Energi Jaya yang telah mendukung penelitian ini dengan memberikan izin untuk mengambil data lapangan di dalam Wilayah IUP-nya. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Departemen Teknik Geologi FT UGM atas izin yang diberikan untuk melakukan pengamatan petrografi di Laboratorium Geologi Optik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. C. Carlile and A. H. G. Mitchell, "Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia," *J. Geochemical Explor.*, vol. 50, no. 1–3, pp. 91–142, 1994, doi: 10.1016/0375-6742(94)90022-1.
- [2] S. L. Garwin, "The settings and styles of gold mineralization in Southeast Asia," *Bull. Geol. Soc. Malaysia*, vol. 40, pp. 77–111, 1997, doi: 10.7186/bgsm40199708.
- [3] A. Maryono, L. D. Setijadji, J. Arif, and R. Harrison, "Gold, Silver, and Copper Metallogeny of the Eastern Sunda Magmatic Arc Indonesia Bagian Timur, Indonesia," vol. 29, no. 2, pp. 85–99, 2014.
- [4] Albert H Hofstra and O. D. Christensen, "CHAPTER 2 Comparison of Carlin-type Au Deposits in the United States, China, and Indonesia: Implications for," pp. 1–34, 2002.
- [5] S. J. Turner *et al.*, "Sediment-hosted gold mineralisation in the Ratatotok district, North Sulawesi, Indonesia," *J. Geochemical Explor.*, vol. 50, no. 1–3, pp. 317–336, 1994, doi: 10.1016/0375-6742(94)90029-9.
- [6] M. A. Azzaman, A. Idrus, and A. D. Titisari, "Geology, hydrothermal alteration and mineralization of the Carlin-type gold deposit at South Ratatotok, Southeast Minahasa Regency, North Sulawesi Province, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 789, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/789/1/012076.





- [7] A. Azarine, M. A. Azzaman, and A. Idrus, "Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Endapan Emas Tipe Carlin pada Blok Yance dan Leon, Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara," *J. Geomine*, vol. 9, no. 3, pp. 239–253, 2022, doi: 10.33536/jg.v9i3.1001.
- [8] Surono, *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*, vol. 4, no. 1. Bandung: Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013.
- [9] A. C. Effendi and S. S. Bawono, "Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara." Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1997.
- [10] A. F. Embry and E. J. Klovan, "The Upper Devonian stratigraphy of northeastern Banlts Island has," *Bull. Can. Pet. Geol.*, vol. 19, no. 4, pp. 730–781, 1971.
- [11] F. Robert *et al.*, "Models and Exploration Methods for Major Gold Deposit Types," *Proc. Explor. 07*, pp. 691–711, 2007.
- [12] S. Husein and D. Ph, "GEOLOGI STRUKTUR: Latihan Pengolahan Data dan Analisa Training Handout 3 rd International Earth Science Olympiad," 2008.
- [13] J. A. Saunders, A. H. Hofstra, R. J. Goldfarb, and M. H. Reed, *Geochemistry of Hydrothermal Gold Deposits*, 2nd ed., vol. 13, no. March 2018. Elsevier Ltd., 2014. doi: 10.1016/B978-0-08-095975-7.01117-7.
- [14] V. I. Berger, D. A. Singer, J. D. Bliss, and B. C. Moring, "Sediment-Hosted Gold Deposits of the World—Database and Grade and Tonnage Models (ver. 1.1, June 2014)," *U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 2014–1074*, no. 2331–1258 (online), pp. 1–46. <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20141074>, 2014, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20141074>
- [15] J. S. Cline, J. L. Muntean, X. Gu, and Y. Xia, "A Comparison of Carlin-type Gold Deposit: Guizhou Province, Golden Triangle, Southwest China, and Northern Nevada, USA," *Earth Sci. Front.*, vol. 20, no. 1, 2013, [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- [16] Y. Xia, W. Su, X. Zhang, and J. Liu, "Geochemistry and Metallogenic Model of Carlin-Type Gold Deposits in," *Geochemistry-Earth's Syst. Process.*, 2012.