KARAKTERISTIK MINERALISASI BIJIH EMAS PADA PROSPEK HARGOSARI, KECAMATAN TIRTOMOYO, KABUPATEN WONOGIRI, PROVINSI JAWA TENGAH

Arifudin Idrus[1*], Wahyu Hermansyah[2]
[1,2]Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
*Corresponding author: arifidrus@ugm.ac.id

Abstrak

Tirtomoyo di Kabupaten Wonogiri dikenal sebagai daerah mineralisasi bijih, di mana salah satu prospeknya adalah Hargosari. Belum ada penelitian sebelumnya yang mengungkap bagaimana karakteristik bijih pada prospek ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi mineralisasi bijih emas meliputi aspek mineralogi, tekstur, geokimia dan kondisi pembentukannya. Metoda penelitian mencakup pemetaan dan pengambilan sampel, serta sampel terpilih dianalisis petrografi, mikroskopi bijih dan kimia bijih. Batuan induk berupa lava andesit yang termasuk pada Formasi Panggang berumur Oligo-Miosen. Sistem bukaan urat diketahui sebagai tipe jogs membentuk en-´echelon tension gash veins. Tipe alterasi terdiri atas argilik dan propilitik, dengan mineral logam berupa pirit, kalkopirit, sfalerit, galena, emas, perak, krisokola, kovelit dan hematit. Urat kuarsa dengan tebal rerata sekitar 5 cm menunjukkan struktur massive, swarm, low angle veins dan stockwork, serta memiliki tekstur normal banded, crustiform, comb dan sakaroidal. Urat tersebut mengandung logam dasar yang tinggi mencapai 5,45% Cu, 9,9% Pb dan 12,85% Zn, dan logam berharga mencapai 3,85 g/t Au dan 395 g/t Ag. Endapan tersebut diperkirakan terbentuk pada temperatur 250-300°C mengacu pada himpunan mineralnya. Berdasarkan karakteristik tersebut, mineralisasi emas pada prospek Hargosari merupakan epitermal sulfidasi menengah.

***Katakunci**: karakteristik, emas, epitermal, Hargosari, Wonogiri.*

Abstract

Tirtomoyo in Wonogiri district is known as an ore mineralization region, in which one of the prospects occurred is Hargosari. No previous studies on the ore characteristucs have been done. A set of study on Hargosari prospect is aimed to characterize gold mineralization covering some aspects such as mineralogy, textures, ore chemistry and ore forming condition. To achieve the objectives, some research methods were performed suh as mapping, sampling and laboratory analyses for selected samples on term of petrography, ore microscopy and ore chemistry. Oligo-Miocene andesitic lava from Panggang Formation is identified as host rock. Opening system of veins is of jogs type to form en-´echelon tension gash veins. Quartz veins are enveloped by argillic and propylitic alteration zones, in association with pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, gold, silver, chrysocolla, covellite and hematite. The approximately 5 cm thick quartz veins exhibit massive, swarm, low angle veins and stockwork structures, which is characterized by normal banded, crustiform, comb and saccaroidal textures. The quartz veins contain high base metals of up to 5.45% Cu, 9.9% Pb and 12.85% Zn, with significant grade of gold and silver of up to 3.85 g/t Au dan 395 g/t Ag. From mineral assemblages, the veins might be formed at temperatures of about 250-300°C. On the basis of those mentioned characteristics, gold mineralization in Hargosari prospect is categorized into an intermediate sulfidation epithermal.

***Keywords**: characteristics, gold, epithermal, Hargosari, Wonogiri.*

1. Pendahuluan

Salah satu yang mendasari diadakannya penelitian/eksplorasi di daerah/prospek Hargosari, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah adalah dikarenakan prospek ini merupakan bagian dari Pegunungan Selatan Jawa bagian timur yang diinterpretasi sebagai salah satu jalur mineralisasi di Indonesia [1][2]. Prospek tersebut terletak sekitar 40 km dari Kota Surakarta dan 20 km dari Kota Wonogiri ke arah tenggara (Gambar 1). Selain itu, prospek Hargosari dianggap cukup menarik dijadikan sebagai daerah penelitian, mengingat banyaknya tambang tradisional milik warga setempat sehingga perlu dipelajari kondisi geologi dan karakteristik mineralisasi yang meliputi mineralogi alterasi, tekstur urat, geokimia bijih serta tipe and kondisi pembentukannya. Pemetaan yang dilakukan mengindikasikan bahwa mineralisasi emas terjadi dalam bentuk urat dengan tekstur berupa *banded* dan *comb*, serta kehadiran mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit pada conto batuan, yang menunjukkan karakteristik tipe endapan epitermal. Penemuan tersebut sesuai dengan beberapa hasil penelitian lainnya di Kecamatan Tirtomoyo dan sekitarnya, misalnya [3], [4], [5] dan [6].

Received January 23, 2021; Revised March 13, 2021; Accepted March 19, 2021

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi bijih yang meliputi aspek mineralogi, tekstur, geokimia dan kondisi pembentukan prospek Hargosari di Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat menyajikan informasi kondisi geologi dan mineralisasi secara ilmiah serta gambaran dan arahan eksplorasi yang lebih rinci di masa yang akan datang bagi dunia industri pertambangan.

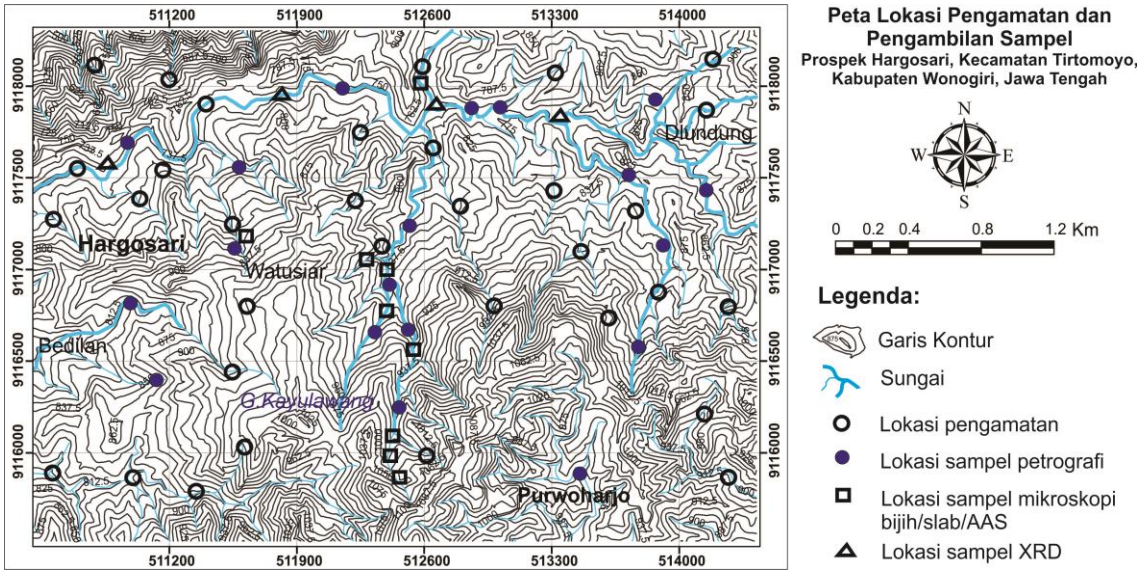
Gambar 1. Peta lokasi daerah/prospek Hargosari di Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah (https://www.google.com/maps).

2. Geologi Regional

Secara fisiografi, daerah Hargosari dan sekitarnya termasuk dalam morfologi perbukitan berelief zona Pegunungan Selatan Jawa bagian timur, pada bagian utara dari perbukitan kars Pacitan. Pada zona Pegunungan Selatan tersebut terdiri atas beberapa formasi pembentuk, sedangkan daerah penelitian merupakan bagian dari Formasi Panggang yang terdiri atas lava andesit dan lava andesit basaltik [7]. Struktur geologi yang mempengaruhi daerah Pegunungan Selatan terdiri atas tiga fase tektonik yaitu pengangkatan pada Oligosen Awal – Akhir yang mengakibatkan aktifnya vulkanisme, penurunan pada Miosen Awal-Tengah, dan pengangkatan kembali pada Pliosen-Pleistosen [8][9]. Struktur geologi yang berperan pada daerah penelitian berupa sesar geser dekstral dengan arah baratlaut-tenggara dan sesar geser sinistral dengan arah baratdaya timurlaut yang saling berpotongan. Gaya pembentuk struktur tersebut berupa gaya kompresi berarah utara-selatan yang terjadi pada Pliosen-Pleistosen [8].

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pemetaan geologi endapan dan penyebaran zona alterasi hidrotermal dengan skala 1:20.000, juga pengambilan sampel untuk analisis di laboratorium. Analisis laboratorium meliputi analisis mineralogi alterasi dan bijih dengan menggunakan sayatan tipis (petrografi) sebanyak 19 sampel dan analisis sayatan bijih sebanyak 9 sampel (mikroskop poles) yang dilakukan di Laboratorium Bahan Galian, Departemen Teknik Geologi FT-UGM. Analisis XRD (*X-ray Diffraction*) sebanyak 4 sampel terutama untuk mengetahui tipe mineral pada batuan urat dan batuan samping serta mineral pada batuan teralterasi argilik. Analisis geokimia bijih menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) di Laboratorium AAS, Pusat Survei Geologi (PSG) sebanyak 8 sampel batuan dan urat kuarsa. Analisis slab untuk mengetahui tekstur urat dan komposisi mineralogi sebanyak 5 sampel urat. Analisis XRD dan slab dilakukan di Laboratorium Geologi Pusat, Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada. Peta lokasi pengamatan dan pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

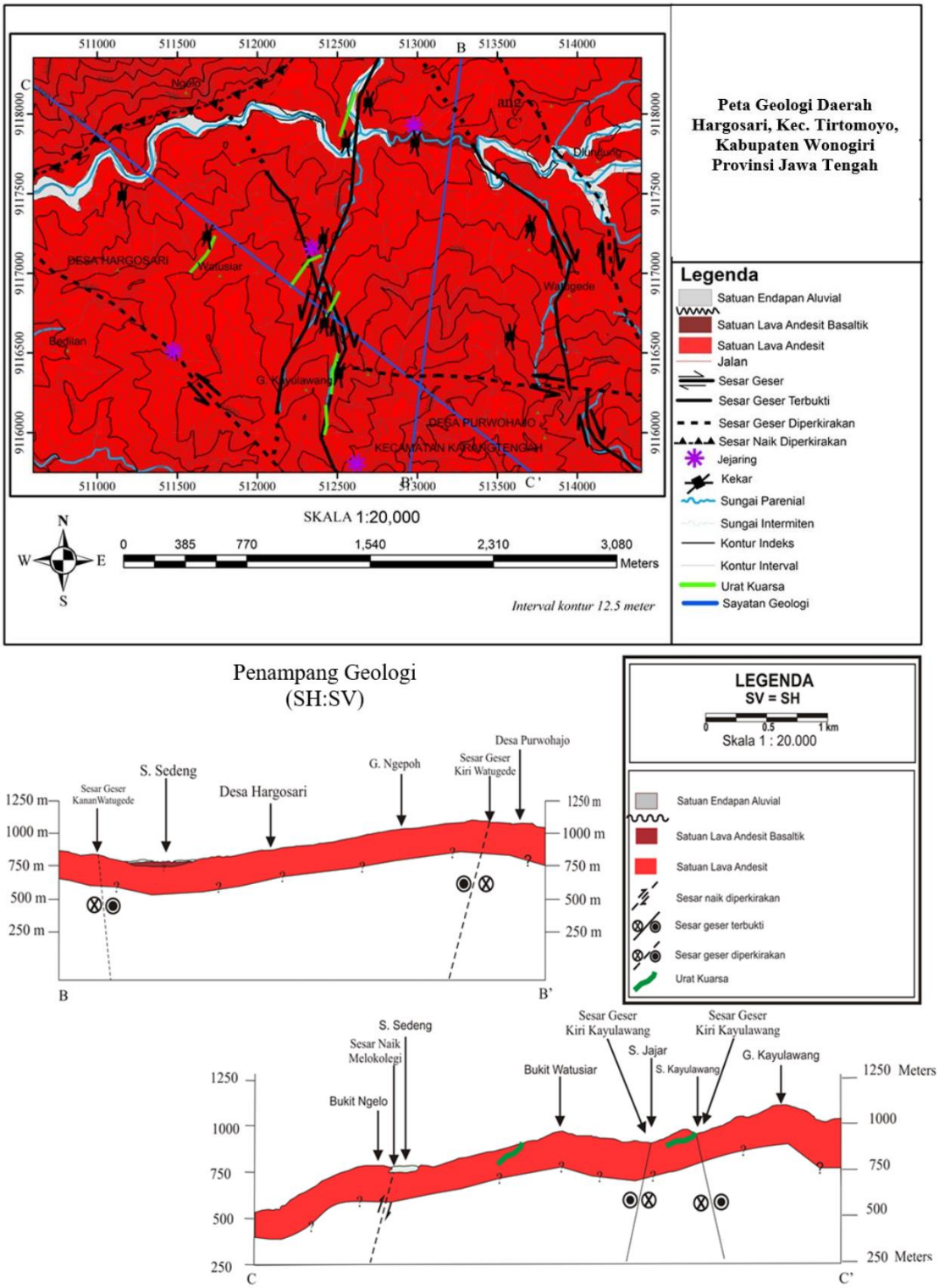


Gambar 2. Peta lokasi pengamatan dan pengambilan sampel untuk analisis laboratorium

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geologi Endapan dan Alterasi Hidrotermal

Secara geomorfologi pada daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan yaitu satuan geomorfik perbukitan vulkanik berlereng miring-curam terpatahkan, satuan geomorfik perbukitan vulkanik berlereng denudasional dan satuan geomorfik dataran endapan aluvial. Berdasarkan stadia sungai maka stadia geomorfik daerah telitian termasuk dalam stadia muda-dewasa. Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan batuan yaitu satuan lava andesit yang berumur Oligosen-Miosen Awal, satuan lava andesit basaltik yang berumur Miosen Awal dan satuan endapan aluvial yang berumur Kuarter (Gambar 3). Ketiga satuan tersebut dibedakan berdasarkan ciri fisik dan komposisi mineral penyusun [10].

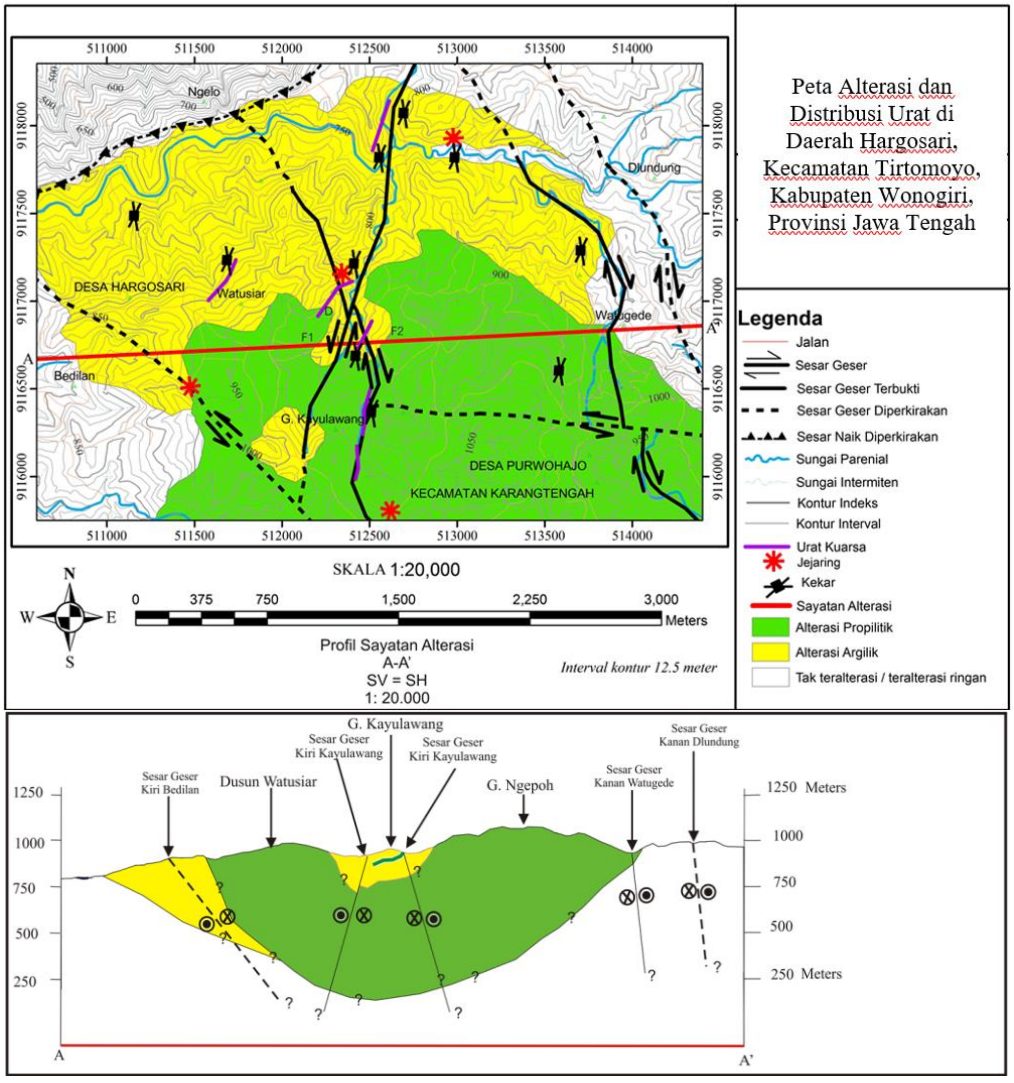


Gambar 3. Peta geologi (atas) dan interpretasi penampang geologi-nya (bawah), serta distribusi urat kuarsa di daerah/prospek Hargosari, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri (modifikasi dari [10])

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dikontrol oleh gaya *pure shear* berarah N-S dan gaya *simple shear* yang berarah NW-SE. Gaya tersebut menghasilkan produk struktur berupa kekar baik kekar gerus maupun kekar tarik dan sesar yang terdiri atas sesar geser dan sesar naik. Struktur geologi utama yang mengontrol alterasi dan mineralisasi bijih pada daerah penelitian adalah kekar ekstensi dan dua sesar geser besar yaitu sesar geser menganan Kayulawang yang berarah barat laut –

tenggara dan sesar geser mengiri Kayulawang yang berarah barat daya - timur laut. Sesar geser menganan Kayulawang terbentuk lebih dahulu, kemudian sesar geser mengiri Kayulawang terbentuk. Kedua sesar tersebut diperkirakan berumur pada Oligosen Akhir [7]. Kedua sesar tersebut diduga kuat yang menjadi faktor utama terjadinya mineralisasi pada daerah penelitian. Hal ini ditunjukkan dengan pola dan orientasi urat kuarsa yang membentuk sudut lancip membentuk ´*en echelon tension gash vein* terhadap orientasi struktur sesar tersebut. Akibat adanya kedua sesar tersebut menjadi rekahan yang menjadi *channelways* bagi fluida hidrotermal dan menyebabkan aktivitas alterasi hidrotermal serta pengendapan mineralisasi bijih pada rekahan. Mineralisasi yang terjadi berupa urat (*vein*) pada batuan induk berupa lava andesit. Pada peta geologi dan peta alterasi menunjukan arah orientasi urat yang sesuai arah struktur geologi pengontrol mineralisasi (Gambar 4).

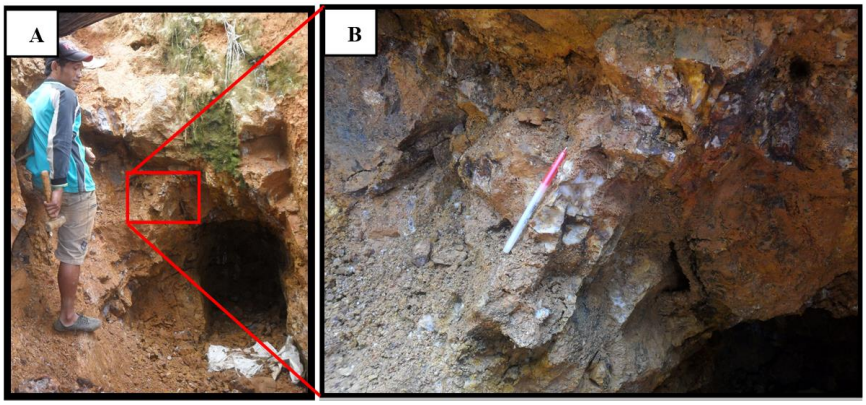
Zona alterasi hidrotermal yang berkembang di daerah penelitian adalah alterasi propilitik dan alterasi argilik. Batuan teralterasi propilitik dicirikan oleh klorit, epidot dan kalsit, sedangkan alterasi argilik dicirikan oleh kehadiran mineral lempung berupa smektit, illit dan kaolinit. Kehadiran fasa mineral tersebut didukung oleh hasil analisis XRD, yang diinterpretasi berdasarkan [11]. Zona alterasi propilitik berkembang pada bagian selatan daerah penelitian, sedangkan zona alterasi argilik berkembang pada bagian utara daerah penelitian ([10]; Gambar 4).



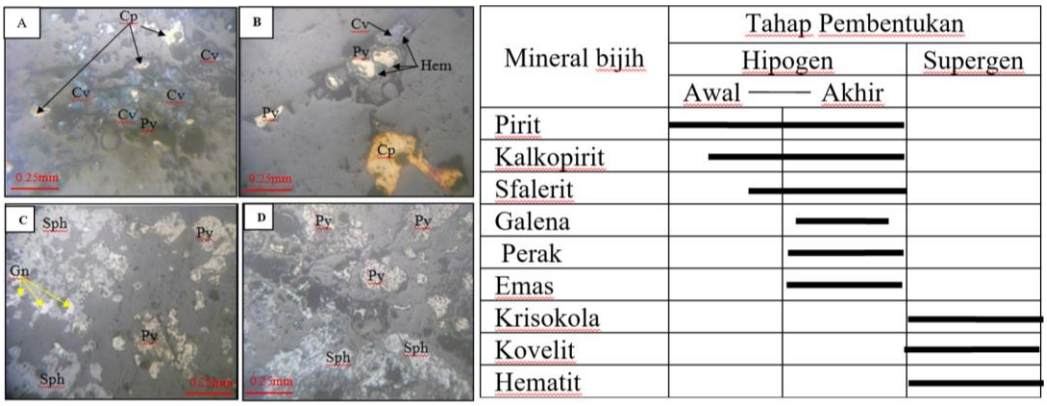
Gambar 4. Peta alterasi hidrotermal (atas) dan interpretasi penampang alterasi-nya (bawah), serta distribusi urat kuarsa di daerah/prospek Hargosari, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri (dimodifikasi dari [10])

4.2 Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Bijih

Mineralisasi bijih pada daerah penelitian berupa urat-urat kuarsa dengan ketebalan rerata 5 cm yang cukup masif (Gambar 5). Pada beberapa tempat struktur urat menunjukkan *vein swarm, low angle veins* dan *stockwork*. Urat-urat tersebut memiliki tekstur *crustiform, comb, normal banded dan sakaroidal* pada satuan lava andesit sebagai batuan induk (*host-rock*). Analisis petrografi dan XRD pada urat dan batuan samping menunjukkan kehadiran kuarsa, kalsit, klorit, epidot, adularia dan mineral opak. Analisis mikroskopi bijih (Gambar 6 kiri, A-D) menunjukan kehadiran emas native (Au), perak native (Ag), galena (PbS), pirit (FeS_2), kalkopirit ($CuFeS_2$), sfalerit (ZnS), krisokola ($CuSiO_3.2OH$), kovelit (CuS) dan hematit (Fe_2O_3). Emas dan perak tidak teramati baik secara megaskopis maupun secara mikroskopis, namun diinterpretasi hadir seperti ditunjukan pada data analisis kimia bijih (*assay*) ([10]; Tabel 1). Pada endapan epitermal sulfidasi rendah tipe urat seperti ini, emas umumnya dalam bentuk emas (*free gold*) baik sebagai elektrum maupun sebagai emas *native* [12][13]. Perak dapat terbentuk dalam wujud perak native maupun sulfida perak. Galena dan sfalerit merupakan sulfida yang paling dominan. Emas, perak, galena, sfalerit, pirit dan kalkopirit terbentuk pada tahap hipogen, sedangkan krisokola, kovelit dan hematit terbentuk pada tahap supergen. Berdasarkan stabilitas temperatur pembentukan mineral baik mineral alterasi maupun mineral bijih, maka diinterpretasi mineralisasi emas terbentuk pada temperatur sekitar 250-300 °C (cf. [14]). Urutan terbentuknya mineralisasi bijih dapat dilihat pada sekuen paragenesa (Gambar 7 kanan). Analisis geokimia bijih dengan menggunakan AAS terdeteksi kehadiran emas dan perak dengan kadar siginikan. Namun demikian kandungan logam dasar seperti Cu, Pb dan Zn juga termasuk tinggi. Kadar tertinggi logam berharga dan logam dasar sebagai berikut: 3,85 g/t Au, 395 g/t Ag, 5,45% Cu, 9,9% Pb, 12,85% Zn (Tabel 1).



Gambar 5. Kenampakan urat kuarsa pembawa emas pada dinding depan tambang/terowongan rakyat (A) dan *closed up* urat kuarsa tersebut dengan struktur massif (B).



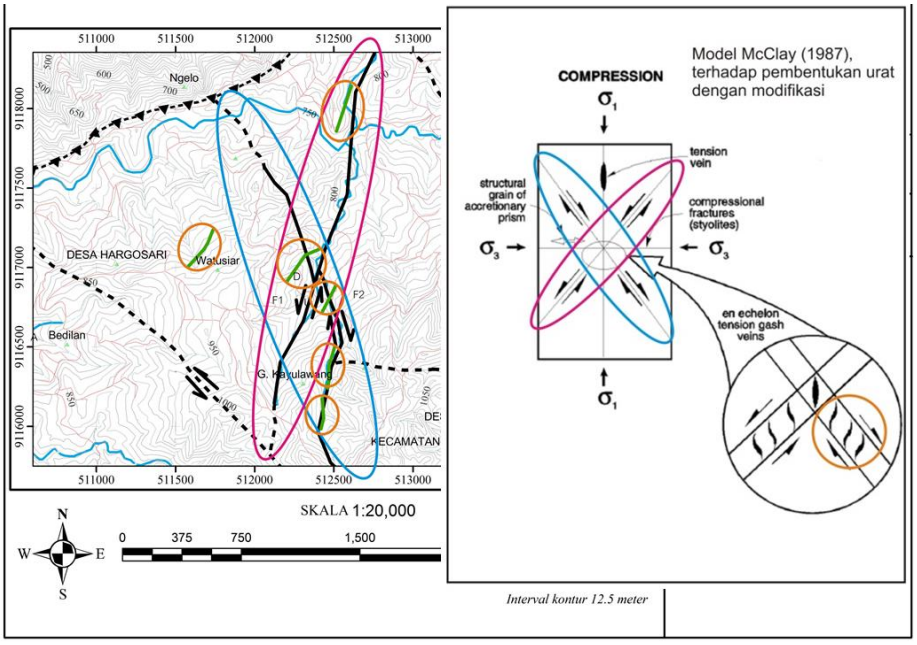
Gambar 6. Fotomikrograf mikroskopi bijih (A-D) menunjukan kehadiran mineral hipogen seperti pirit, kalkopirit, galena, sfalerit, dan mineral hipogen seperti kovelit, hematit (kiri), dan sekuen paragenesa mineral bijih (kanan). Emas dan perak tidak teramati pada mikroskopi bijih. Singkatan mineral: Cp (kalkopirit), Py (pirit), Gn (galena), Sph (sfalerit), Cv (kovelit) dan Hem (hematit).

Tabel 1. Data *assay*/analisis kimia urat kuarsa bertekstur comb dan crustiform yang diambil dari prospek Hargosari dengan menggunakan AAS (dalam satuan g/t)

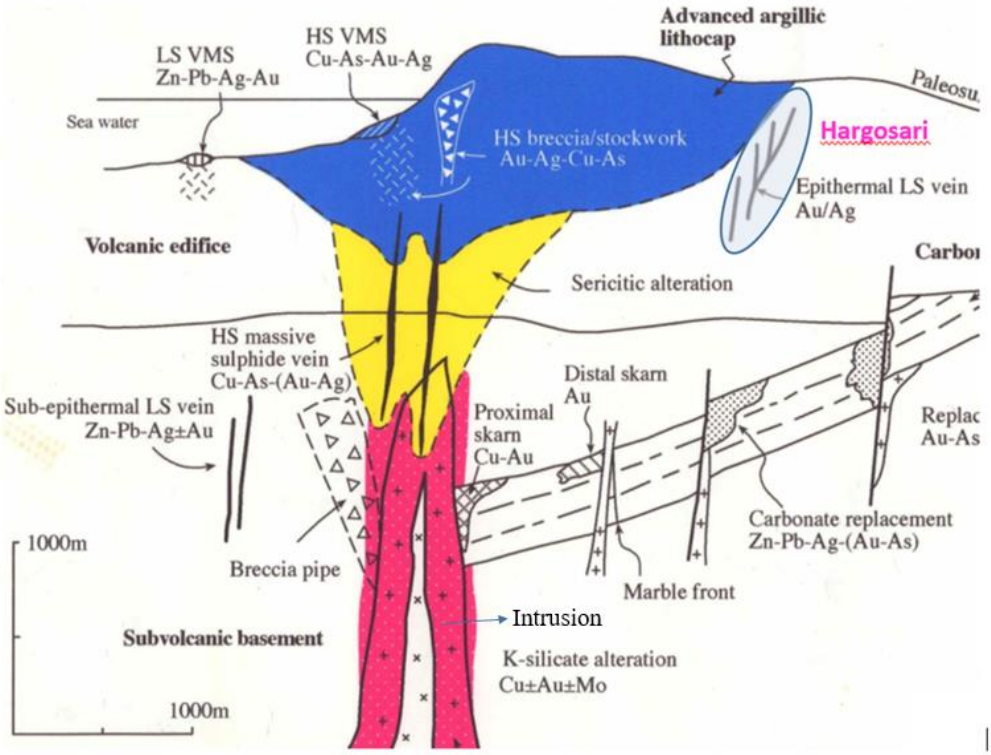
Kode sampel	Tekstur Urat	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
14-3	Comb	3,85	395	54.520	1.357	19.500
16-1	Crustiform-comb	0,10	9,50	625	180	674
28-1	Crustiform-comb	0,80	32,40	2.705	154	1.860
33-2	Comb	0,01	56	5.755	9.270	111.100
33-3	Comb	0,05	25	5.808	39.370	85.800
33-5	Comb	0,03	79,50	13.920	99.000	128.500
34-1	Crustiform-comb	2,98	353	4.375	1.614	2.400
34-3	Crustiform-comb	0,66	88,60	6.051	2.140	1.310

4.3 Tipe Endapan

Umumnya urat-urat tersebut memiliki orientasi arah dominan pada baratdaya-timurlaut yang sesuai dengan konsep mineralisasi *´en echelon tension gash vein* (cf. [15][16]; Gambar 7). Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan alterasi hidrotermal serta karakteristik mineralogi (bijih dan alterasi) dan geokimia bijih, maka mineralisasi bijih pada prospek Hargosari merupakan endapan emas epitermal sulfidasi menengah (*intermediate sulfidation epithermal gold deposit*) (cf. [17][12]). Data mikroskopi dan geokimia bijih menunjukan kehadiran mineral logam dasar yang cukup melimpah dengan kadar bijih yang tinggi, maka mineralisasi emas pada prospek Hargosari merupakan *quartz-basemetal-type* (cf. [18][19]). Model konseptual pembentukan endapan emas epitermal pada prospek Hargosari yang disesuaikan dengan model [18] tersebut (Gambar 8), menunjukan urat kuarsa epitermal tersebut berada pada kedalaman dangkal (*shallow level*) dari *paleosurface*. Hal ini menunjukkan bahwa endapan tersebut terbentuk dari fluida hidrotermal yang didominasi oleh air metorik (*meteoric water*). Kehadiran sulfida logam dasar yang cukup melimpah menunjukan bahwa fluida tersebut bercampur dengan fluida magmatik (*magmatic fluid*). Fluida hidrotermal yang membawa emas mengisi bukaan (*tension gash fractures*) dan membentuk urat-urat kuarsa yang mengandung emas, perak dan sulfida-sulfida tersebut [16]. Alterasi argillik berkembang di bagian utara daerah penelitian, karena dikontrol oleh keberadaan kekar-kekar yang banyak (Gambar 4) sebagai media masuknya fluida magamatik yang bercampur dengan air meteoric mengalterasi batuan secara pervasif membentuk tipe alterasi tersebut. Pada bagian selatan berkembang alterasi propilitik, disebabkan kekar tidak berkembang luas (Gambar 4), sehingga fluida hidrotermal tidak dapat menginfiltrasi batuan samping secara luas. Pada kondisi ini, fluida cenderung mengalterasi batuan samping secara selektif membentuk tipe alterasi propilitik.



Gambar 7. Konsep pembentukan mineralisasi bijih emas pada prospek Hargosari yang dikontrol struktur sesar geser yang membentuk bukaan yang terisi oleh fluida hidrotermal (kiri), membentuk *´en echelon tension gash vein* (cf. [15][16]) (kanan).



Gambar 8. Posisi endapan emas epitermal sulfidasi menengah tipe urat pada prospek Hargosari yang disesuaikan dengan model mineralisasi hidrotermal pada *sub-volcanic system* dari [18].

5. Kesimpulan dan Saran

Litologi penyusun daerah penelitian terdiri atas 3 satuan yaitu satuan lava andesit, andesit basaltik (bagian dari Formasi Panggang yang berumur Oligo-Miosen) dan endapan aluvial. Struktur geologi yang mengontrol mineralisasi bijih dan alterasi hidrotermal kemungkinan berupa struktur sesar geser menganan Kayulawang dengan arah relatif baratlaut-tenggara dan sesar geser mengiri Kayulawang dengan arah baratdaya-timurlaut. Kedua sesar tersebut saling memotong yang terjadi pada satuan lava andesit. Tipe urat kuarsa yang ditemukan berupa *´en echelon tension gash veins* dengan yang berasosiasi dengan beberapa mineral lain seperti kalsit, klorit, epidot, adularia serta sedikit mineral lempung. Mineralisasi bijih didominasi oleh galena dan sfalerit, disamping kehadiran emas, perak, pirit dan kalkopirit yang terbentuk pada tahap hipogen, sedangkan krisokola, kovelit dan hematit terbentuk pada tahap supergen. Urat kuarsa terbentuk pada temperatur menengah (250-300 °C), dan dapat dikategori sebagai endapan emas epitermal sulfidasi menengah, tipe *quartz-basemetal*. Kadar emas dan perak pada urat cukup signifikan (sampai 3,85 g/t Au dan 395 g/t Ag) dengan kandungan logam dasar Cu, Pb dan Zn yang tinggi. Kegiatan eksplorasi lanjut pada prospek ini sangat disarankan terutama mendetailkan urat-urat yang telah ditemukan dan mencari kemungkinan urat-urat yang memiliki geometri yang lebih tebal dan panjang. Kegiatan eksplorasi lanjutan tersebut dapat menerapkan beberapa teknologi prospeksi baik geofisika (*induced polarization* dan/atau *ground geomagnetic survey* dan geokimia tanah (*soil geochemistry*) untuk membantu mencari anomali kemungkinan keberadaan urat kuarsa di sekitar daerah penelitian.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Desa dan masyarakat Desa Hargosari atas penerimaan dan perijinannya untuk memasuki daerah dan penelitian pada daerah tersebut. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada reviewer yang telah memberikan masukan konstruktif dalam perbaikan manuskrip ini.

Daftar Pustaka

[1] Prihatmoko S, Hendratno A, Harijoko A. *Mineralization and Alteration Systems in Pegunungan Seribu, Gunung Kidul and Wonogiri: Its Implication in Developing Exploration Models*. Proceedings of Joint Convention of HAGI-IAGI-PERHAPI, Surabaya. 2005; 13-23.

[2] Idrus A, Warmada IW, Setijadji LD, Widiasmoro, Titisari AD. Overview Mineralisasi Bijih Tipe Hidrotermal di Pegunungan Selatan: Fokus daerah Pacitan, Wonogiri dan Ponorogo. PT. Antam Tbk technical meeting on "Potensi Endapan Mineral Logam Daerah Jawa Timur". Pacitan, 12-13 Maret 2008 (Tidak Dipublikasi); 2008.

[3] Isnawan, D. Kontrol Struktur Geologi Terhadap Endapan Tembaga sebagai Arahan Eksploitasi di Daerah Ngrejo dan sekitarnya Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah. Tesis Master. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; 2001.

[4] Verdiansyah, O. Alterasi Hidrotermal dan Karakteristik Geokimia Batuan pada Endapan Tembaga Daerah Ngrejo Dan Sekitarnya, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Skripsi Sarjana. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; 2007

[5] Idrus A, Verdiansyah O, Marliyani GI, Sasongko W. *Alterasi-Mineralisasi Bijih Dan Geokimia Endapan Tembaga Daerah Ngrejo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah*. Prosiding Temu Profesi Tahunan TPT XVI, Makassar, 2007; 108-116.

[6] Idrus A, Warmada IW, Setyawan I, Raditya B, Kurnia, M. Endapan Urat Epitermal Logam Dasar Pb-Zn Daerah Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah: Studi Awal mengenai Alterasi Hidrotermal, Mineralisasi Bijih dan Inklusi Fluida. *Majalah Geologi Indonesia*. 2009; 24: 13-20.

[7] Sampurno, Samodra H. Peta Geologi Lembar Ponorogo Skala 1:100.000, Edisi Kedua, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung; 1997

[8] Surono, Toha B, Sudarno I, Wirjosujono S. Geologi Lembar Surakarta-Giritontro. Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung; 1992

[9] Toha B, Sunyoto, Surono, Rahardjo W. *Geologi Daerah Pegunungan Selatan: Suatu Kontribusi*. Prosiding Geologi dan Geoteknik P. Jawa, Sejak Akhir Mesozoik hingga kuarter. Percetakan Nafiri, Yogyakarta, 1994; 19-36.

[10] Hermansyah W. Geologi, Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi Bijih di Daerah Hargosari, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Skripsi Sarjana. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; 2015.

[11] Chen PY. Table of Key Lines in X-ray Powder Diffraction Patterns of Mineral Clays and Associated Rocks. Department of Natural Resources, Geological Survey Occasional Paper 21, Indiana. 1977.

[12] White NC, Hedenquist JW. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristic, and Exploration. *SEG Newsletter*. 1995; 23 (1): 9-13.

[13] Hedenquist JW, Arribas A R, Gonzalez-Urien, E. Exploration for Epithermal Gold Deposits. *Reviews in Economic Geology*. 2000; 13: 245–277.

[14] Morrison G, Gouyi D, Jaireth S. Textural Zoning in Epithermal Quartz Vein. Klondike Exploration Service. Townsville, Australia. 1990.

[15] McClay KR. The Mapping of Geological Structures. John Wiley and Sons, West Sussex, England. 1987.

[16] Corbett, GJ, Leach, TM. SW Pasific Rim Gold and Copper System: Structure, Alteration and Mineralization. CMS New Zealand Ltd, New Zealand. 1997.

[17] Buchanan LJ. Precious Metal Deposits Associated with Volcanic Environment in The Southwest Arizona. *Geological Society Digest*. 1981; 14: 237–262.

[18] Sillitoe RH. Exploration and Discovery of Base- and Precious-Metal Deposits in The Circum-Pacific Region during the Last 25 Years. Metal Mining Agency of Japan. 1995.

[19] Sillitoe RH, Hedenquist JW. Linkages between Volcanotectonic Setting, Ore-fluid Compositions and Epithermal Precious Metal Deposits. *Society of Economic Geology Special Publication*. 2003; 10: 315-343.