

Distribusi Unsur dan Mineral pada Batuan Alterasi Illit-Serisit ± Biotit Sekunder di Daerah Summersari

Afri Tri Kristanto¹, Okki Verdiansyah¹, I Gde Sukadana²

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta

² Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta

Korespondensi : kristantoafritri@gmail.com

ABSTRAK

Pegunungan Kulonprogo bagian jalur magmatisme Pegunungan Selatan memiliki potensi mineral dengan nilai ekonomis kecil – besar. Mineralisasi epitermal sebelumnya ditemukan di Daerah Kokap, Gunung Gupit – Menoreh, dan Bagelen – Gunung Agung. Penelitian ini mengidentifikasi mineralisasi pada fasies pusat—proksimal Gunung Api Purba Ijo, Daerah Summersari, Kaligesing, Purworejo dengan melihat kondisi geologi serta pola distribusi mineral dan unsur pada batuan alterasi. Penelitian dilakukan dengan metode studi pustaka, pengambilan data dan observasi, pekerjaan laboratorium, serta interpretasi dan evaluasi penelitian. Kondisi geologi daerah penelitian berada pada fasies pusat – proksimal Khuluk Gajah yang terdiri dari lava andesit yang diintrusi mikrodiorit, mikrodiorit kuarsa, diorit, andesit, andesit basaltik, dan ditutupi batugamping Jonggrangan. Banyaknya intrusi didukung struktur yang berkembang di sekitar intrusi mikrodiorit. Mineralisasi berkembang berasosiasi dengan vein kuarsa tipe porfiri tekstur *stockwork* dan *sheeted vein*, dengan tipe vein A, AB, dan D. Fase akhir alterasi hadir serisit, illit, kaolinit, dan disseminasi pirit yang menunjukkan *overprint* oleh sistem epitermal. Pada sampel LP2B analisis XRD dan mikro XRF menunjukkan proses epitermal yang masuk ke dalam tubuh porfiri, serta pola sebaran mineral ubahan dengan dominasi unsur Si. Mineral berat dan sulfida relatif berkumpul didominasi unsur Fe dan Cu. Unsur S dan Si dominan pada vein, diinterpretasikan dari fluida magmatik.

Kata kunci: Kulonprogo, Gunung Api Purba Ijo, Porfiri, Epitermal, mikroXRF

ABSTRACT

The Kulonprogo Mountains part of Southern Mountains, have potential mineral with various economic value. Epithermal mineralization was found in Kokap, Gunung Gupit – Menoreh, and Bagelen – Gunung Agung. Identification about mineralization in the central-proximal facies of Ijo Ancient Volcano, Summersari Region, Kaligesing, Purworejo by geological conditions and distribution of minerals and elements in alteration rocks. The research method was literature study, data collection and observation, laboratory work, and research interpretation and evaluation. The geological condition is in the central – proximal Khuluk Gajah facies, consists of andesite lava intruded by microdiorite, quartz microdiorite, diorite, andesite, basaltic andesite, and covered with Jonggrangan limestone. Many intrusions are supported by structures around the microdiorite intrusion. Mineralization in association with porphyry veins of stockwork and sheeted textures, with vein types A, AB, and D. The final phase of alteration is sericite, illite, kaolinite, and pyrite dissemination which shows overprint by the epithermal system. In the LP2B sample, geochemical analysis showed the epithermal process that entered the porphyry body, the distribution of altered minerals with the dominance of Si elements. Heavy and sulfide minerals are relatively concentrated, dominated by Fe and Cu elements. Elements of S and Si are dominant in the veins, interpreted from magmatic fluids.

Keyword : Kulonprogo, Ijo Ancient Volcano, Porphyry, Epithermal, microXRF

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pegunungan Kulon Progo termasuk ke dalam bagian jalur magmatisme Pegunungan Selatan Jawa yang memiliki umur Miosen [1]. Jalur magmatisme Pegunungan Selatan Jawa terbukti memiliki potensi mineral dengan nilai ekonomi dari yang kecil hingga besar [2], hal ini dibuktikan pada bagian tengah Pegunungan Selatan Jawa memiliki deposit tipe porfiri di Daerah Selogiri dengan kandungan 1,4 juta ons emas (ekuivalen). Pegunungan Kulon Progo dibagi menjadi 3 (tiga) Khuluk yaitu Khuluk Ijo, Khuluk Gajah, dan Khuluk Menoreh [3], dan pada setiap khuluk dapat dibagi menjadi beberapa pusat erupsi. Mineralisasi pada umumnya berasosiasi dengan fasies pusat dan fasies proksimal pada suatu gunung api [4], hal ini dibuktikan dengan kehadiran mineralisasi dengan tipe epitermal di daerah Kokap [5];[6], Gunung Gupit – Menoreh [7] dan daerah Bagelen – Gunung Agung [8];[9] yang ketiganya berada di fasies pusat – proksimal gunung api. Potensi mineralisasi daerah Kulon Progo masih terlihat belum ekonomis pada saat ini, namun sangat dimungkinkan untuk kepentingan pendataan dan mencari potensi yang lebih besar. Peneliti terdahulu menunjukkan indikasi tipe mineralisasi porfiri dan kemungkinan diikuti oleh epitermal pada daerah Summersari, Kaligesing – Loan, dan Wadas [10], sehingga terdapat peluang potensi mineralisasi dapat dikembangkan.

Maksud penelitian adalah untuk mengidentifikasi mineralisasi daerah Summersari, dengan tujuan mengetahui kondisi geologi akibat proses alterasi dan distribusi mineral pada batuan yang teralterasi. Manfaat penelitian adalah memberikan data dan informasi geologi untuk mengetahui fenomena geologi pada daerah penelitian. Jenis informasi yang diperoleh berupa data interpretasi kegeologian dan distribusi mineral pada batuan alterasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar penelitian kegeologian lainnya serta potensi ekonomis dari kondisi geologi tersebut.

1.4. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada bagian pusat – proksimal dari Gawir Gunung Api Purba Ijo di Daerah Summersari, Kecamatan Kaligesing, Kabupaten Purworejo. Berdasarkan pola kontur serta pendekatan geologi dan morfologi, maka dibuat batasan kelompok kontur kualitatif. Hasil analisis sementara memperlihatkan mineralisasi pada fasies pusat – proksimal dengan diameter lingkaran (rim) 2,2 – 3,8 km (Gambar 1).

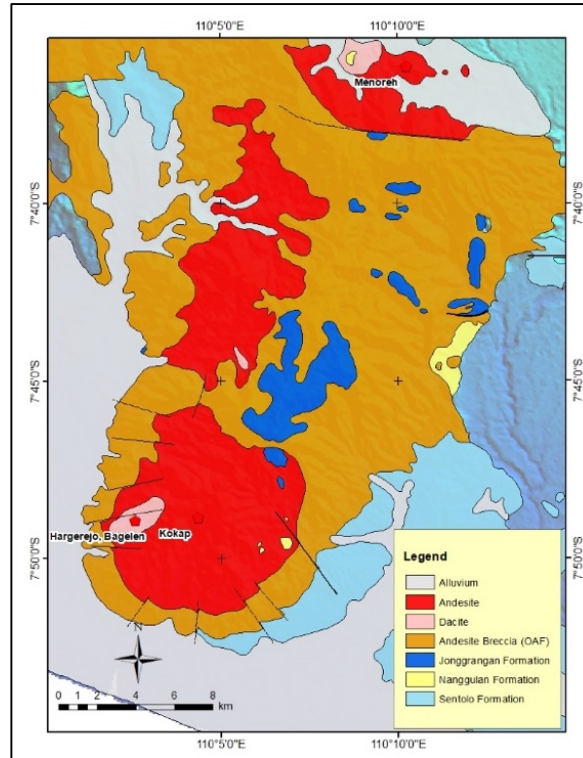


Gambar 1. Lokasi 3D morfologi daerah penelitian yang berada pada bagian pusat – proksimal dari Gawir Gunung Api Purba Ijo di Daerah Summersari, Kecamatan Kaligesing, Kabupaten Purworejo.

1.5.1. Geologi Regional

Indonesia sebagai bagian dari tataan tektonik Asia Tenggara membentuk jalur magmatisme dan gunung api Tersier dengan jalur mineralisasi. Pulau Jawa memiliki evolusi magmatisme selama Paleosen – Eosen yang masih belum pasti ditentukan polanya, yang diketahui magmatisme dimulai pada Oligosen [11];[12]. Magmatisme daerah Kulon Progo merupakan seri magma kalk-alkali dengan komposisi andesit basaltik sampai dasit yang terjadi pada Oligosen Akhir – Miosen Awal (25,4 – 29,6 jtl) dan pada Miosen Akhir (8,1 – 1,19 jtl) [13]. Geologi daerah penelitian terkait dengan Pegunungan Selatan Jawa yang sebagian besar merupakan kompleks gunung api yang membentuk gumuk, khuluk, dan bregada, serta beberapa kaldera purba [14]. Batuan beku kompleks gunung api dengan kisaran umur Oligosen – Miosen atau *Old Andesite Formation* (OAF) pada sisi barat Pegunungan Selatan. Berdasarkan peta geologi regional lembar Yogyakarta [1] batuan tertua daerah Kulonprogo adalah Formasi Nanggulan (Teon) dan Formasi Kebobutak (Tmok). Formasi Nanggulan berumur Eosen, tersusun atas sisipan lignit, napal pasiran, batulempung dan konkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir, dan tuf. Formasi Kebobutak berumur Oligosen – Miosen tersusun atas breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Kedua satuan tersebut kemudian diterobos oleh diorit dan andesit berumur Miosen Bawah (Gambar 2).

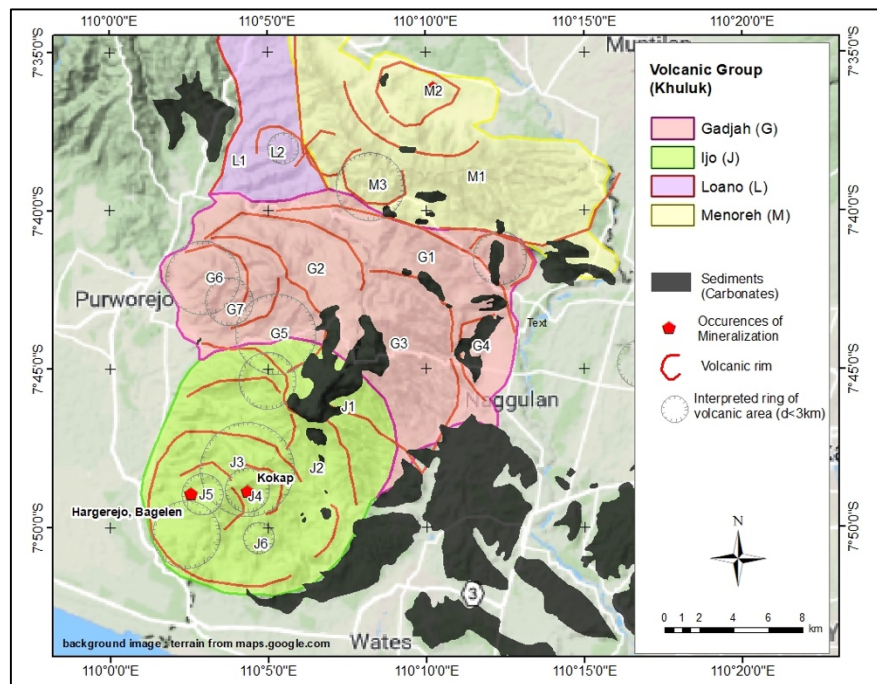
Berdasarkan penelitian Sudarno [15] menyatakan ada 4 pola struktur di Pegunungan Selatan yaitu sesar mengkiri baratdaya – timurlaut akibat kompresi oleh subduksi Indo-Australia selama Eosen – Miosen Akhir, sesar mendatar mengkiri utara – selatan kecuali di Parangtritis dan Pegunungan Selatan bagian barat, baratlaut – tenggara berupa sesar mengkanan hasil kompresi utara baratlaut – selatan tenggara pada Pliosen Akhir, sesar turun berarah barat – timur hasil gaya ekstensi utara – selatan selama Pliosen Akhir, menghasilkan reaktifasi sesar menjadi sesar turun. Pengangkatan setelah Pliosen diikuti fase ekstensi menghasilkan sesar normal baratlaut – tenggara dan mengaktifkan sesar geser timurlaut – baratdaya menjadi sesar turun yang membatasi graben Yogyakarta [15]. Berdasarkan jumlah patahan dan kekar, tektonik daerah Kulon Progo dan sekitarnya, memiliki tektonik lebih kuat dibandingkan daerah Gunung Kidul [15].



Gambar 2. Peta Geologi Regional

1.5.2. Vulkanisme Purba Daerah Kulonprogo

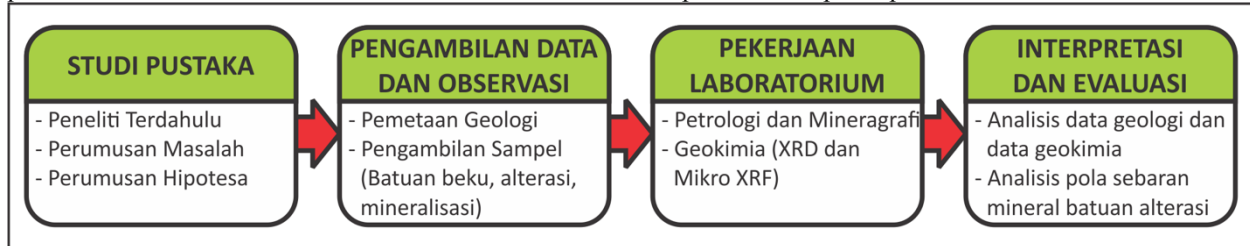
Vulkanisme purba Kulon Progo dibagi menjadi 3 (tiga) buah khuluk dan 2 (dua) buah gumuk gunung api [13], gumuk-gumuk tersebut diinterpretasikan sebagai parasiter dari khuluk utama. Ketiga khuluk tersebut antara lain Khuluk Ijo, Khuluk Jonggrangan, dan Khuluk Sigabug, sedangkan kedua gumuk tersebut adalah Gumuk Kukusan dan Gumuk Pencu yang kemudian diterobos oleh intrusi mikrodiorit Telu dan intrusi dasit Curug. Proses magmatisme terjadi pada 2 (dua) periode, yaitu magmatisme kala Oligosen Akhir – Miosen Awal ($29,63 \pm 22,64$ jtl) menghasilkan mikrodiorit, andesit, dan dasit [17], sedangkan magmatisme kala Miosen Akhir ($8,1011 \pm 1,19$ jtl) menghasilkan mikrodiorit Telu dan dasit Curug.



Gambar 3. Interpretasi batasan sistem vulkanisme, batasan (rim) dari dinding vulkanik dimana M (Menoreh), G (Gajah), J (Ijo) dengan urutan umur relatif berdasarkan urutan angkanya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui studi pustaka, pengambilan data dan observasi lapangan, analisis laboratorium, serta interpretasi dan evaluasi (Gambar 4). Tahapan studi pustaka meliputi studi peneliti terdahulu untuk mengetahui geologi dan petrologi batuan, serta perumusan masalah dan hipotesa dari pengolahan GIS dan kajian data sekunder. Tahapan pengambilan data meliputi pemetaan geologi berdasarkan morfologi, litologi dan alterasi-mineralisasi, serta pengambilan sampel batuan beku, batuan alterasi, dan batuan termineralisasi. Tahapan pekerjaan laboratorium terbagi menjadi analisis petrologi (petrografi dan mineragrafi), serta analisis geokimia (XRD dan *micro* XRF) oleh pihak ketiga. Tahapan interpretasi dan evaluasi meliputi analisis data geologi dan geokimia dan analisis pola sebaran mineral pada batuan alterasi berdasarkan data mikro-XRF untuk mendapatkan kesimpulan penelitian

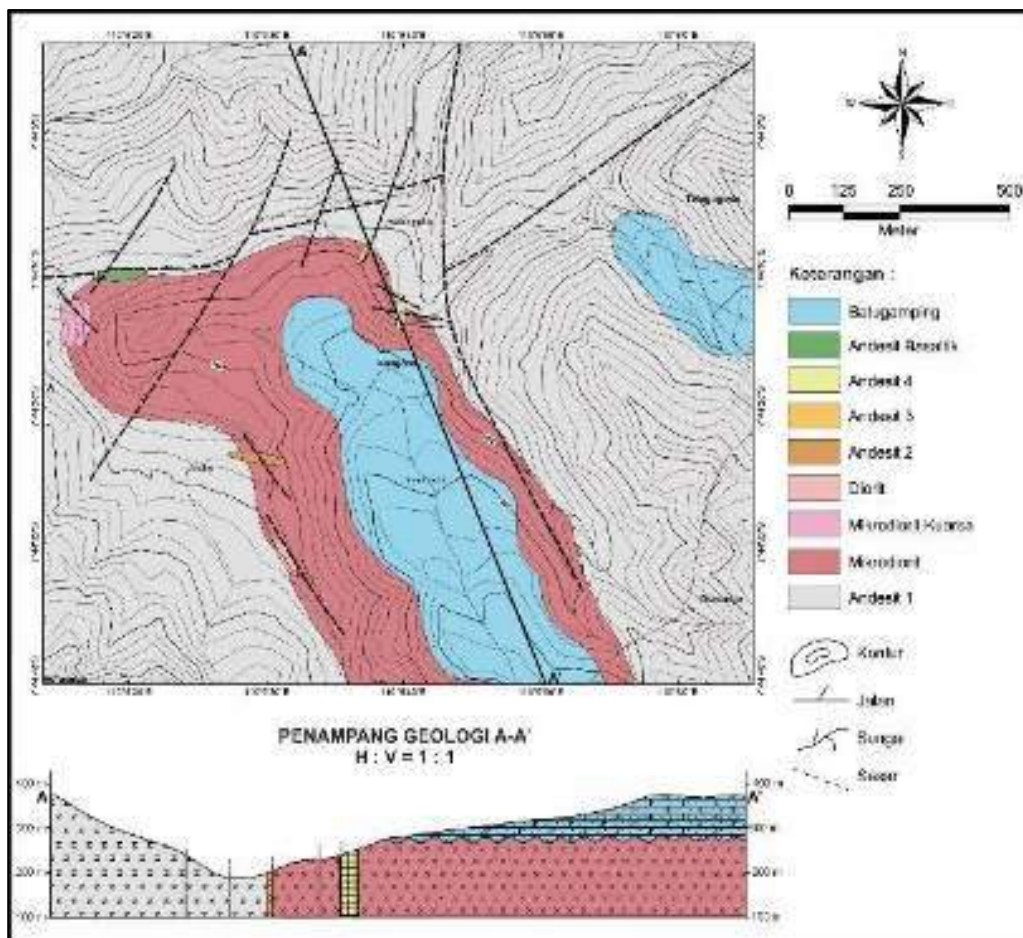


Gambar 4. Metode Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Kondisi Geologi

Daerah penelitian terletak pada fasies pusat – proksimal dari Khuluk Gajah yang terdiri dari intrusi mikrodiorit, mikrodiorit kuarsa, andesit, intrusi andesit basaltik-diorit, dan batugamping (Gambar 5). Satuan batuan tersebut adalah bagian dari Formasi Kebobutak yang berumur Oligosen – Miosen (Tmk) dan Formasi Jonggrangan yang berumur Miosen (Tmj). Satuan tertua diperkirakan adalah lava andesit yang diintrusi mikrodiorit, mikrodiorit kuarsa, andesit, andesit basaltik-diorit, dan ditutupi tubuh batugamping yang berumur lebih muda.

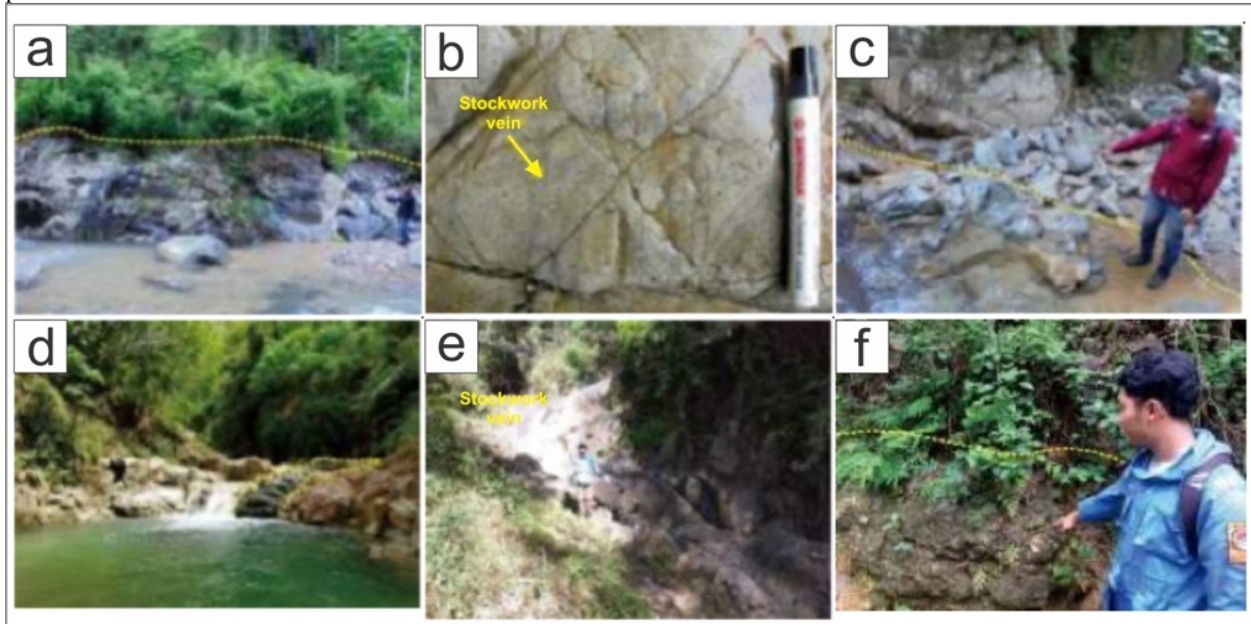


Gambar 5. Peta Geologi daerah penelitian
Tabel 1. Satuan Batuan Daerah Penelitian

Nama Satuan	Deskripsi
Andesit 1	Satuan andesit 1 diinterpretasikan sebagai satuan tertua yang dijumpai di permukaan dan tersebar sangat luas. Satuan ini terdiri dari litologi andesit struktur masif, warna abu-abu kehijauan, ukuran kristal halus, tekstur porfiritik (massa dasar afanitik lebih dominan dibandingkan fenokris). Fenokris berupa plagioklas, hornblenda, mineral ubahan yang teramati berupa klorit dan epidot, dan mineral sulfida (Gambar 6.a.).
Mikrodiorit	Satuan mikrodiorit menerobos satuan andesit 1, satuan ini diperkirakan menjadi tubuh intrusi utama yang ada pada daerah penelitian. Singkapan berada pada bukit di daerah Kaligono dengan arah orientasi baratlaut – tenggara. Berdasarkan pengamatan megaskopis satuan ini terdiri dari mikrodiorit berstruktur masif, warna abu-abu gelap, tekstur porfiritik, ukuran kristal dominan fanerik sedang – halus. Komposisi mineral berupa plagioklas, hornblenda, magnetit, dan diseminasi pirit. Satuan ini merupakan batuan induk mineralisasi dengan bukti dijumpai beberapa tipe vein kuarsa yang hadir sebagai <i>stockwork</i> maupun <i>sheeted vein</i> berupa vein tipe A, AB <i>family vein</i> , <i>sheeted B vein</i> , dan vein tipe D.
Mikrodiorit Kuarsa	Satuan mikrodiorit kuarsa hanya tersingkap setempat di sebelah barat tubuh intrusi utama mikrodiorit, diperkirakan memotong satuan andesit 1 dan satuan mikrodiorit. Litologi penyusun berupa mikrodiorit kuarsa dengan struktur masif, warna abu-abu cerah sampai kehijauan, tekstur porfiritik, ukuran kristal dominan fanerik sedang – halus. Komposisi mineral utama berupa plagioklas, kuarsa, epidot, klorit, dan diseminasi pirit.
Diorit	Satuan diorit hadir sebagai retas (<i>dike</i>) yang memotong satuan andesit 1 dan mikrodiorit pada daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan megaskopis, diorit memiliki struktur masif, warna abu-abu cerah, tekstur hipidiomorfik granular dengan ukuran kristal fanerik sedang – kasar. Komposisi mineral berupa plagioklas, mineral opak, dan kalsit (Gambar 6.b.).
Andesit 2	Satuan andesit 2 hadir sebagai tubuh yang memotong satuan andesit 1 dan satuan mikrodiorit di sebelah baratdaya tubuh intrusi mikrodiorit. Litologi andesit secara megaskopis berwarna abu-abu kehijauan dengan struktur masif memiliki tekstur porfiroafanitik dengan ukuran kristal dominan fanerik halus – afanitik. Komposisi mineral utama berupa plagioklas, klorit, hematit, dan massa dasar gelas.
Andesit 3	Satuan andesit 3 hadir sebagai retas (<i>dike</i>) yang memotong satuan mikrodiorit dan satuan andesit 1 yang berada di sebelah utara tubuh intrusi mikrodiorit. Litologi andesit secara megaskopis memiliki struktur masif, berwarna abu-abu kecokelatan, tekstur porfiroafanitik dengan ukuran kristal fanerik halus – afanitik. Komposisi utama berupa mineral plagioklas, hematit, dan mineral opak.
Andesit 4	Satuan andesit 4 hadir sebagai retas (<i>dike</i>) yang memotong satuan andesit 1 dan satuan mikrodiorit, satuan ini berada di sebelah timur intrusi mikrodiorit. Litologi andesit memiliki struktur masif, berwarna abu-abu kehijauan, bertekstur porfiroafanitik dengan ukuran kristal fanerik halus – afanitik. Komposisi mineral utama berupa plagioklas, klorit, epidot, dan massa dasar gelas.
Andesit Basaltik	Satuan andesit basaltik hadir sebagai retas (<i>dike</i>) yang memotong satuan andesit 1 dan satuan mikrodiorit yang berada di sebelah barat laut intrusi mikrodiorit. Secara megaskopis andesit basaltik memiliki struktur masif, warna abu-abu kehijauan, ukuran kristal fanerik halus-afanitik, tekstur porfiroafanitik, komposisi mineral utama berupa plagioklas, klorit, mineral opak, dan massa dasar berupa gelas.
Batugamping	Satuan batugamping diinterpretasikan memiliki umur paling muda pada daerah penelitian, diinterpretasikan menindih tidak selaras batuan beku namun belum didapati kontak jelasnya. Satuan ini tersusun atas litologi <i>rudstone</i> dengan struktur masif, berwarna coklat kehitaman, ukuran butir pasir sangat kasar – bongkah, kemas terbuka, dan sortasi buruk. Komposisi mineral didominasi litik batugamping, fosil dan kalsit (Gambar 6.f.).

Struktur geologi yang dominan pada daerah penelitian memiliki arah relatif timurlaut - baratdaya, baratlaut – tenggara, dan barat – timur. Struktur geologi ini banyak berkembang di sekitar tubuh intrusi mikrodiorit. Struktur

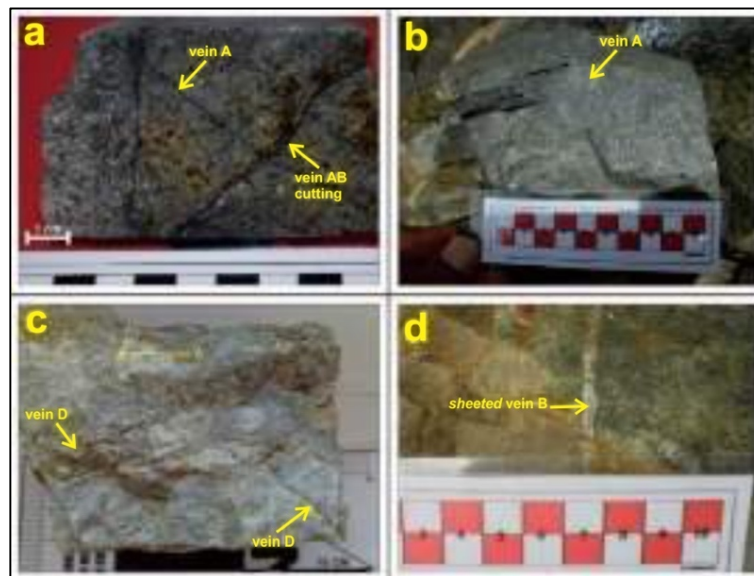
ini diduga memiliki peran penting untuk mengontrol dan menjadi jalur aktivitas fluida hidrotermal pada daerah penelitian.



Gambar 6. (a) Singkapan lava andesit (b) Singkapan mikrodiorit berasosiasi dengan *stockwork vein A* (c) Singkapan retas diorit (d) Singkapan retas andesit (e) Singkapan andesit subvulkanik (f) Singkapan Batugamping.

3.2. Mineralisasi

Mineralisasi yang berkembang berasosiasi dengan vein kuarsa tipe porfiri yang dicirikan dengan tekstur *stockwork* dan *sheeted*. Vein yang berkembang umumnya vein tipe A dan AB dengan ukuran halus sampai beberapa milimeter. Vein lain yang hadir berupa vein kalkopirit (tipe C) dan vein pirit yang berimplikasi dengan kehadiran tipe epitermal pada batuan ini (Gambar 7). Batuan induk yang terkena mineralisasi merupakan diorit – mikrodiorit dengan alterasi dominan biotit - klorit yang diikuti serisit - lempung.

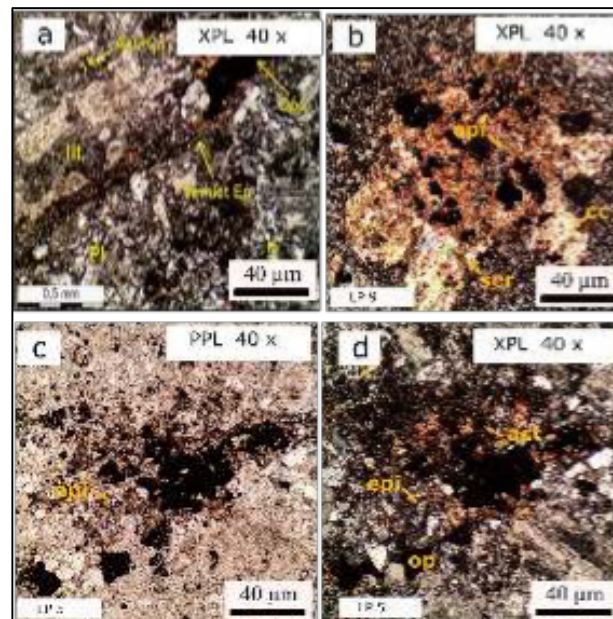


Gambar 7. a) *Stockwork vein A* yang terpotong vein AB pada mikrodiorit, b) Mineral sulfida pirit yang terdiseminasi pada mikrodiorit dengan vein A, c) Vein A yang terpotong oleh vein D yang berasosiasi dengan alterasi ilit-serisit±biotit sekunder, d) *Sheeted vein B* yang dicirikan oleh adanya *center line* sulfida yang berada pada litologi mikrodiorit.

Berdasarkan pengamatan sementara terlihat beberapa fase mineralisasi yang berkembang yaitu :

1. Fase epidot-aktinolit yang diikuti magnetit-kalkopirit, sebagian telah ter-*overprint* dengan pirit (Gambar 8.a.).

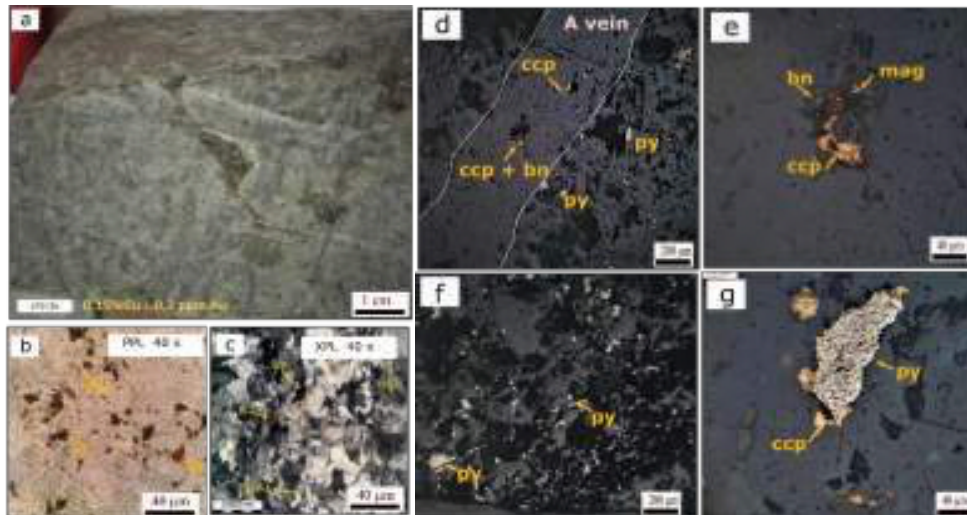
2. Fase biotit-magnetit-kalkopirit-bornit yang berkempang pada vein tipe A dan AB. Sebagian besar ter-*overprint* dengan pirit pada fase akhir (Gambar 8.b.).
3. Fase serisit-mineral lempung-pirit yang menggantikan keseluruhan sistem (Gambar 8.c.d.).



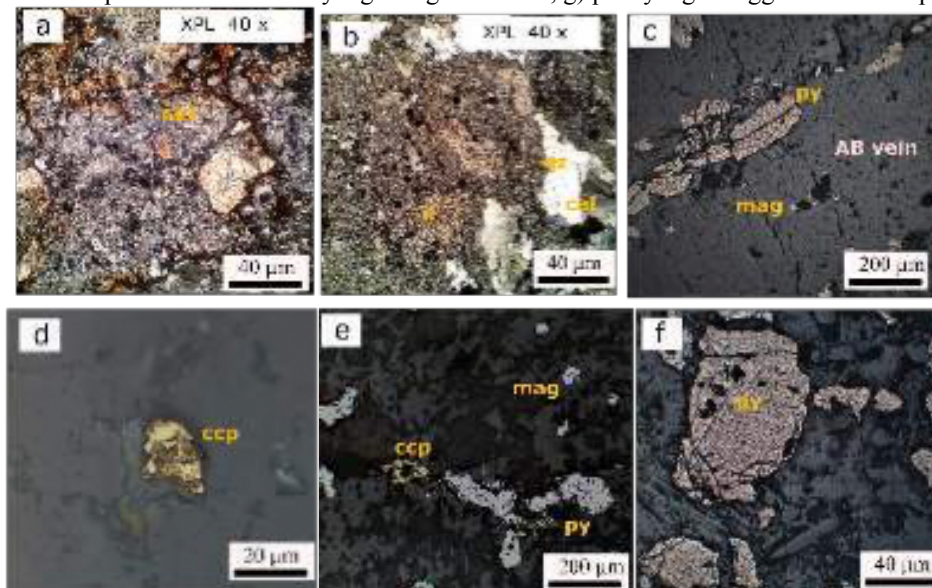
Gambar 8. Kelompok alterasi epidot-aktinolit dan mineralisasi magnetit-pirit yang menggantikan mineral primer dan mengisi retakan batuan atau sebagai veinlet. a) epidot-aktinolit diikuti mineral opak, b) epidot-kalsit-serisit dan magnetit-pirit menggantikan felspar glomerofenokris, c-d) magnetit-pirit terakumulasi bersama epidot-aktinolit.

Penciri utama porfiri dilihat dari kehadiran vein kuarsa tipe A dan AB yang diikuti mineralisasi kalkopirit±bornit-magnetit yang tersebar diantara kuarsa. Mineral bijih pembawa tembaga memiliki ukuran < 40 µm dan sulit ditemukan, kemungkinan disebabkan adanya proses mineralisasi epitermal di permukaan. Fase mineralisasi kalkopirit±bornit hadir bersama alterasi potasik yang tersusun atas biotit-albit-klorit (Gambar 9), mineralisasi ini berkembang pada tipe dominan *sheeted vein* dan sedikit *stockwork* yang kemungkinan terpengaruh tektonik pada saat sistem hidrotermal berlangsung yang berkembang di bawah permukaan.

Fase akhir terlihat dari kehadiran alterasi serisit disertai mineral lempung lain seperti ilit, kaolinit, dan smektit. Fase ini kemungkinan dipengaruhi sistem mineralisasi epitermal yang *overprint* dengan sistem awal. Pada tahap ini hadir kuarsa dan kalsedon yang diikuti diseminasi pirit, baik menggantikan mineral atau mengisi retakan batuan dan celah vein kuarsa porfiri (Gambar 10). Pada sekitar singkapan terdapat lensa vein kuarsa ametis *barren* yang mengisi bukaan kecil pada struktur *post-porphry*. Tipe ini diinterpretasikan sebagai sistem epitermal yang menyebabkan singkapan dengan tekstur mineralisasi porfiri tergantikan menjadi epitermal.



Gambar 9. Mineralisasi fase porfiri yang berkembang pada batuan dioritik dengan disertai *stockwork* vein kuarsa halus. a – c) biotit sekunder dan klorit yang berasosiasi dengan vein A. d) kalkopirit dan bornit pada vein, dan diseminasi pirit pada batuan samping sebagai indikasi sistem lain. e) bornit-kalkopirit-magnetit, f) diseminasi pirit diantara kristal yang mengisi retakan, g) pirit yang menggantikan kalkopirit.



Gambar 10. Alterasi dan mineralisasi tahap akhir. a) alterasi kaolinit-ilit-smektit pada batuan beku, b) alterasi ilit diikuti penambahan kuarasa dan kalsedon, c) pengisian celah paralel pada vein tipe AB oleh pirit, d) mineralisasi kaya tembaga berupa kalkopirit yang tersisa pada vein kuarsa, e) mineralisasi tahap awal pada sistem porfiri berupa vein kalkopirit (tipe C) dan diseminasi magnetit yang tergantikan pirit, f) diseminasi dan kristal pirit euhedral sebagai bukti fase epitermal daerah Sumbersari.

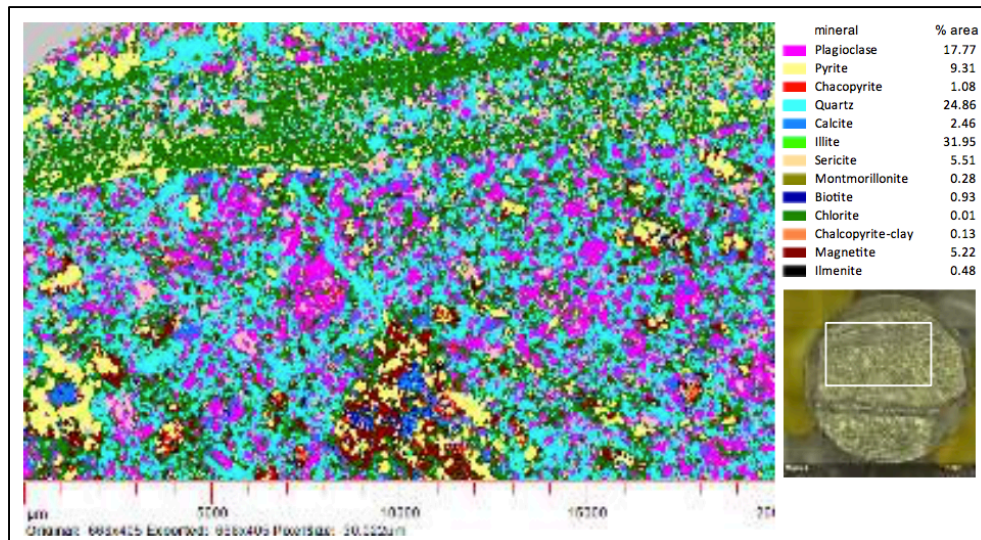
3.3. Mineralogi Batuan Teralterasi

Karakter kimia batuan dan mineralogi pada batuan alterasi dilakukan analisis pindaian keseluruhan sampel (*elemental bulk mapping*) pada sampel LP2B dengan menggunakan mikro-XRF Bruker M4 Tornado yang memiliki ukuran beam 20 mikron pada area 3 x 3 cm di laboratorium material BATAN Jakarta. Mineralogi batuan teralterasi potasik-argilik memperlihatkan mineral kuarsa-plagioklas-biotit-phengit-klorit(klinoklor)-serisit-ilit (Gambar 11), yang menunjukkan proses perubahan akibat masuknya sistem epitermal ke tubuh porfiri dengan ditandai berubahnya biotit menuju klorit, serta felspar dan phengit menuju serisit dan ilit.

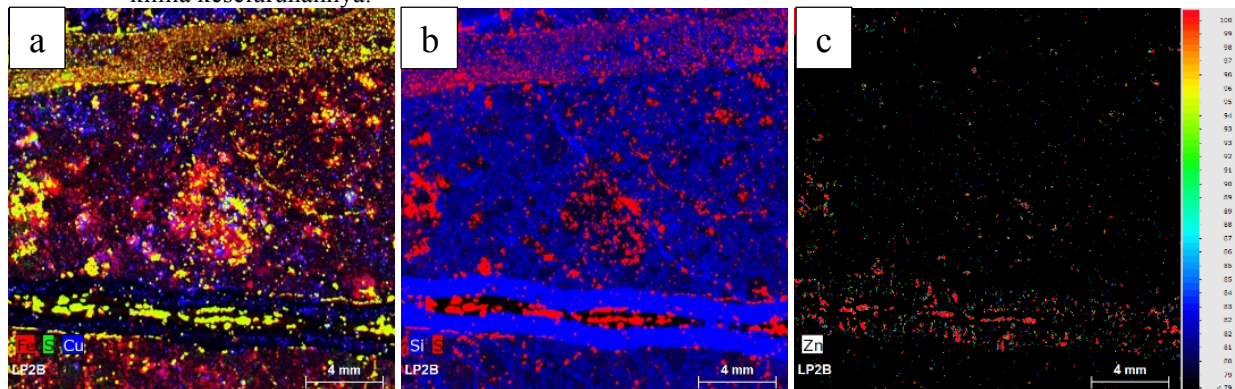
Tabel 2. Hasil analisis XRD pada sampel batuan alterasi potasik-argilik

Kode Awal	Litologi	Megaskopik	XRD
LP 2-2 (LP29)	Mikrodiorit	ilit-serisit±biotit sekunder	andesin-kuarsa-serisit-klinoklor
LP 3 (LP 32)	Mikrodiorit	ilit-serisit±biotit sekunder	kuarsa-phengit-biotit-illit- klinoklor

LP 2.2b (LP29)	Mikrodiorit	ilit-serisit±biotit sekunder	albit-kuarsa-serisit-illite- klinoklor
----------------	-------------	------------------------------	--



Gambar 11. Mineralogi kuantitatif dengan menggunakan AMICS dari data mikro-XRF pada sampel LP2B dan hasil kimia keseluruhannya.



Gambar 12. Analisis unsur mineral pada tahapan epitermal memperlihatkan komposisi Fe, S, dan Cu (a). Si dan S (b) serta Zn (c)

Karakter distribusi mineral pada batuan teralterasi ilit-serisit±biotit sekunder pada sampel LP2B menunjukkan *hostrock* mikrodiorit dengan dominasi mineral kuarsa dan fragmen plagioklas. Terdapat juga klorit pada *hostrock* sebagai hasil ubahan dari mineral biotit menyebar bersama ilit dan serisit sebagai hasil ubahan mineral felspar, ubahan diinterpretasikan karena proses epitermal pada batuan. Klorit umumnya menyebar bersama ilit dan beberapa bersama montmorillonit, sedangkan serisit menyebar secara acak (*disseminated*).

Berdasarkan pengamatan batuan mikrodiorit memiliki 2 (dua) tipe vein, yaitu vein tipe D (?) dan vein tipe A dan AB. Vein tipe D didominasi mineral ilit, serisit, dan klorit (biotit sekunder) pada bagian atas sampel batuan. Vein tipe A dan AB didominasi mineral pirit, kalkopirit, magnetit, kalsit dan biotit pada bagian bawah sampel batuan. Mineral yang memiliki persebaran sedikit pada sampel batuan ini adalah kalkopirit-clay dan ilmenit. Kalkopirit-clay menyebar setempat pada bagian kanan bawah bidang pandang, sedangkan ilmenit menyebar secara acak (*disseminated*) dengan jumlah yang sedikit.

Distribusi unsur menunjukkan beberapa pola khusus pada tahapan alterasi epitermal pada batuan (Gambar 12). Unsur Fe dominan pada vein tipe A dan AB pada bagian bawah dan menyebar pada *hostrock*. Unsur Cu dominan pada vein tipe A dan AB serta di sekeliling vein tipe D. Si dominan pada *hostrock* dan memanjang secara masif pada vein tipe A dan AB serta menyebar ada vein tipe D. Unsur S tersebar secara *disseminated* pada *host rock* dan vein tipe D, sedangkan pada vein tipe A s dan AB ebarannya relatif berada di tengah atau inti vein. Unsur Zn relatif berkembang pada vein tipe A d dan AB serta beberapa kumpulan mineral plagioklas.

Deskripsi antara pola distribusi mineral dan unsur menunjukkan suatu kesinambungan. Pada vein tipe D terdapat unsur Si dari mineral ilit ((K,H₃O)(Al,Mg,Fe)₂(Si,Al)₄O₁₀[(OH)₂(H₂O)]), serisit (NaAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂), dan biotit sekunder (K(Mg,Fe⁺⁺)₃[AlSi₃O₁₀(OH,F)₂) yang mengandung Si. Pada vein tipe A dan AB terdapat unsur Fe, S, Cu, Si, S, dan Zn dari mineral pirit (FeS₂), kalkopirit (CuFeS₂), magnetit (Fe⁺⁺Fe⁺⁺⁺2O₄), kalsit (CaCO₃) dan

biotit ($K(Mg,Fe^{++})_3[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$). Unsur Fe terkandung pada pirit, kalkopirit dan magnetit, unsur S terkandung pada pirit dan kalkopirit, unsur Zn umumnya berikatan dengan mineral pirit dan kalkopirit. Pada *hostrock* terdapat mineral Fe, Cu, Si, dan S dari mineral kuarsa (SiO_2), plagioklas ($(Na,Ca)(Si,Al)_4O_8$), ilit ($(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$), serisit ($NaAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$), dan klorit ($K(Mg,Fe^{++})_3[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$), montmorilonite ($(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$), kalkopirit-clay ($CuFeS_2$). Unsur S dan Si yang selalu ada pada vein diinterpretasikan dibawa oleh fluida yang membentuk vein sehingga beberapa tidak berasosiasi dengan mineral yang ada.

Hasil penelitian di atas menunjukkan alterasi tipe epitermal ditandai dengan kehadiran vein tipe D yang berisi ilit, serisit, dan smektit yang didominasi unsur S dan Si. Dari proses epitermal tersebut mengubah mineral-mineral pada *hostrock* menjadi mineral ubahan serta menghasilkan mineral-mineral sulfida yang mengandung unsur Fe, Cu, dan S. Mineral-mineral ubahan memiliki pola relatif menyebar karena merupakan mineral yang berubah dari mineral asli pada *hostrock*, sedangkan mineral-mineral sulfida memiliki pola relatif setempat bersama mineral-mineral berat lainnya seperti pirit, kalkopirit, dan magnetit yang mengandung unsur Cu dan Fe.

4. KESIMPULAN

Kondisi geologi pada daerah penelitian yang berada pada fasies sentral – proksimal Khuluk Gajah dengan urutan batuan dari yang tertua adalah lava andesit yang selanjutnya diterobos oleh mikrodiorit, mikrodiorit kuarsa, andesit, andesit basaltik dan diorit yang selanjutnya tertutup oleh tubuh batugamping muda Formasi Jonggrangan. Proses hidrotermal tersebut dibantu oleh struktur yang berkembang dengan arah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara dan barat-timur pada sekitar intrusi mikrodiorit. Karakter alterasi hidrotermal pada batuan beku diorit, mikrodiorit dan sebagian andesit memiliki karakter yang berasosiasi dengan tipe porfiri dengan vein kuarsa bertekstur *stockwork* dan *sheeted vein*, yang dibagi menjadi kelompok ilit-serisit=biotit sekunder, epidot-aktinolit-ilit, dan ilit-serisit=kuarsa. Tipe vein yang berkembang berupa vein A, vein B, vein AB dan vein D. Sistem alterasi porfiri selanjutnya *overprint* dengan sistem epitermal dari intrusi andesit basaltik yang dicirikan dengan mineral lempung (serisit, ilit, kaolinit dan smektit) dan diseminasi mineral kalkopirit yang menggantikan mineral dan mengisi retakan pada celah batuan.

Pola distribusi mineral pada batuan alterasi ilit-serisit=biotit sekunder menggunakan data mikro-XRF pada sampel LP2B menunjukkan pola mineral ubahan yang mengandung Si memiliki kelimpahan yang tinggi dan dominan pada sampel batuan. Mineral sulfida relatif berkumpul dengan mineral-mineral sulfida atau mineral berat lain dengan unsur Fe dan Cu dan mineral dengan konsentrasi kecil relatif tidak jelas pola persebarannya. Unsur S yang cukup dominan pada batuan tidak berasosiasi dengan mineral yang ada, diinterpretasikan terbawa oleh fluida pada saat proses alterasi hidrotermal yang membentuk vein-vein pada sampel batuan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih kepada Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral Institut Teknologi Nasional Yogyakarta atas dukungan yang diberikan. Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta atas kerjasama dalam analisa geokimia. Bapak Okki Verdiansyah, S.T., M.T. selaku dosen pendamping dan Bapak I Gde Sukadana selaku pendamping ahli yang memberi masukan serta saran dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H. *Yogyakarta Sheet Geological Map scale 1:100.000*. Bandung: Geological Research and Development Center. 1995
- [2] Maryono A, Setijadji LD, Arif J, Harrison R, Soeriaatmadja E. *Gold, Silver and Copper Metallogeny of the Eastern Sunda Magmatic Arc Indonesia*. In Proceeding of Banda and Eastern Sunda Arcs 2012 MGEI Annual Convention. 2012 Nov (hal. 26-27).
- [3] Harjanto, A. Petrologi dan Geokimia Batuan Vulkanik di Daerah Kulonprogo dan sekitarnya Daerah Istimewa Yogyakarta, *Jurnal Ilmiah MTG*, 4(1). 2011
- [4] Bronto S. Geologi Gunung Api Purba. Badan Geologi; 2013
- [5] Pramumijoyo P, Idrus A, Warmada IW, Yonezu K. Geology, Geochemistry and Hydrothermal Fluid Characteristics of Low Sulfidation Epithermal Deposit in the Sangon Area, Kokap, Special Region of Yogyakarta. *Journal of Applied Geology*. 2017;2(1): hal. 48-58.
- [6] Pambudi D, Winarno T, Aribowo Y. Geologi dan Mineralisasi Logam Daerah Sangon, Kokap, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. 2018 Jul 31;1(2): hal. 74-80.
- [7] Idrus A, Warmada IW, Putri RI. *Mineralisasi Emas di Gunung Gupit, Magelang, Jawa Tengah: Sebuah Penemuan Baru Prospek Emas Tipe Epitermal Sulfida Tinggi Pada Rangkaian Pegunungan Kulon Progo-Menoreh*. In Annual Engineering Seminar 2013, Proceeding, FT-UGM, Yogyakarta 2013.
- [8] Ansori C, Hastria D. Studi Alterasi dan Mineralisasi disekitar gunung Agung, Kabupaten Kulonprogo–Purworejo. *Buletin Sumber Daya Geologi*. 2013 Aug 8;8(2): hal. 75-86.
- [9] Prasetyo LA, Fadlin S, Anggoro WT, Oktaviany A. Pre-Elimentary Study High Sulphidation Epithermal Gold And Possibility Porphyry System In The Southern Part Of Kulon Progo Dome-Hargerejo-Bagelen-Purworejo. *JCM HAGI-IAGI-IAFMI-IATMI*; 2017.
- [10] Verdiansyah, O. Tinjauan Awal Potensi Mineralisasi Daerah Kulon Progo, Yogyakarta. 2018

-
- [11] Setijadji LD, Kajino S, Imai A, Watanabe K. Cenozoic island arc magmatism in Java Island (Sunda Arc, Indonesia): Clues on relationships between geodynamics of volcanic centers and ore mineralization. *Resource Geology*. 2006 Sep;56(3):267-92.
- [12] Setijadji LD, Maryono A. *Geology and arc magmatism of the eastern Sunda arc, Indonesia*. InProceeding of Banda and Eastern Sunda Arcs 2012 MGEI Annual Convention 2012 Nov (pp. 26-27).
- [13] Harjanto A. Vulkanostratigrafi Di Daerah Kulon Progo Dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. *MTG*. 2014 Jul 17;4(2).
- [14] Hartono, H. G. Peran Paleovolkanisme Dalam Tataan Produk Batuan Gunung Api Tersier di Gunung Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah. University Padjadjaran. 2010
- [15] Barianto DH, Kuncoro P, Watanabe K. The use of foraminifera fossils for reconstructing the Yogyakarta graben, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of South East Asian Applied Geology*. 2010 May;2(2):138-43.
- [16] Syafri I, Budiadi E, Sudradjat A. Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta. *Indonesian Journal on Geoscience*. 2013 Dec 28;8(4):185-90.
- [17] Soeria-Atmadja R, Maury RC, Bellon H, Pringgoprawiro H, Polve M, Priadi B. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of southeast asian earth sciences*. 1994 Jan 1;9(1-2):13-27.