

MODEL MINERALISASI HIDROTERMAL DAERAH BANJARNEGARA DAN SEKITARNYA, JAWA TENGAH

Sudarsono¹, Iwan Setiawan¹, Achmad Fauzi Ismayanto¹, Lina Nur Listyowati¹, Anita Yuliyanti¹,
dan Kuswandi¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
E-mail: likdar3486@gmail.com

Abstrak

Penelitian Model Genesa Mineralisasi Hidrotermal Segmen Tengah Pulau Jawa ini merupakan program pengembangan konsep eksplorasi mineral logam di Puslit Geoteknologi LIPI. Penelitian ini lanjutan dari penelitian sebelumnya yang mengambil daerah penelitian di Pegunungan Selatan Jawa Barat. Pengungkapan model mineralisasi hidrotermal didekati dengan menyederhanakan aspek-aspek yang berkaitan dalam proses hidrotermal, yaitu aspek mineralogi, geokimia dan geologi struktur. Aspek mineralogi mengkarakterisasi mineralogi batuan sampling (hostrock), batuan ubahan dan paragenesa mineralisasi. Aspek geokimia mengkarakterisasi afinitas magmatik/vulkanik yang diduga sebagai sumber fluida hidrotermal dan kimia mineralisasi. Adapun aspek tektonika dan geologi struktur mengungkap pola-pola struktur yang mengontrol pembentukan endapan mineralisasi. Berdasarkan hostrock-nya, mineralisasi di Daerah Banjarnegara dibagi ke dalam tiga zona, yaitu zona selatan (hostrock kompleks *mélange*), zona tengah (hostrock sedimen) dan zona utara (hostrock batuan vulkanik). Gejala alterasi di ketiga zona adalah klorit, propilit dan argilik. Mineralisasi sulfida logam di ketiga zona mempunyai kemiripan yaitu sistem zona urat asosiasi kuarsa + kalsit ± sulfida ± emas, terbentuk pada sistem epitermal sulfidasi rendah. Struktur bukaan yang berpotensi membentuk zona urat berarah Timurlaut – Baratdaya di zona selatan, Barat Baratlaut – Timur tenggara di zona tengah, serta Barat Baratlaut – Timur Tenggara di zona utara. Khususnya di zona tengah, selain dikontrol oleh bukaan struktur, migrasi fluida hidrotermal juga dikontrol oleh porositas, permeabilitas dan solubilitas batuan sampling (hostrock), sehingga distribusi mineralisasinya relatif lebih dikontrol oleh sifat batuan sampling. Berdasarkan hasil analisis geokimia, diperkirakan sumber panas fluida tidak hanya dari satu sumber magma, karena memiliki kisaran komposisi yang lebar, walaupun bisa saja diendapkan dari satu proses letusan atau erupsi yang sama. Kandungan unsur jejak dan unsur tanah jarang (REE) merepresentasikan magmatisme yang berasal dari lingkungan tepian benua aktif atau *active continental margin*.

Kata kunci: mineralisasi, hidrotermal, Banjarnegara, hostrock, sedimen, *mélange*, vulkanik, epitermal,

PENDAHULUAN

Kebutuhan dunia akan emas dan logam dasar cukup meningkat, sedangkan sumberdaya yang telah ditemukan semakin berkurang akibat dieksploitasi, disisi lain, penemuan cadangan baru menunjukkan gejala penurunan (Zulkarnain dkk., 2006). Adapun eksplorasi yang telah dilakukan di pulau Jawa oleh beberapa perusahaan belum juga mampu menemukan sumberdaya baru yang signifikan.

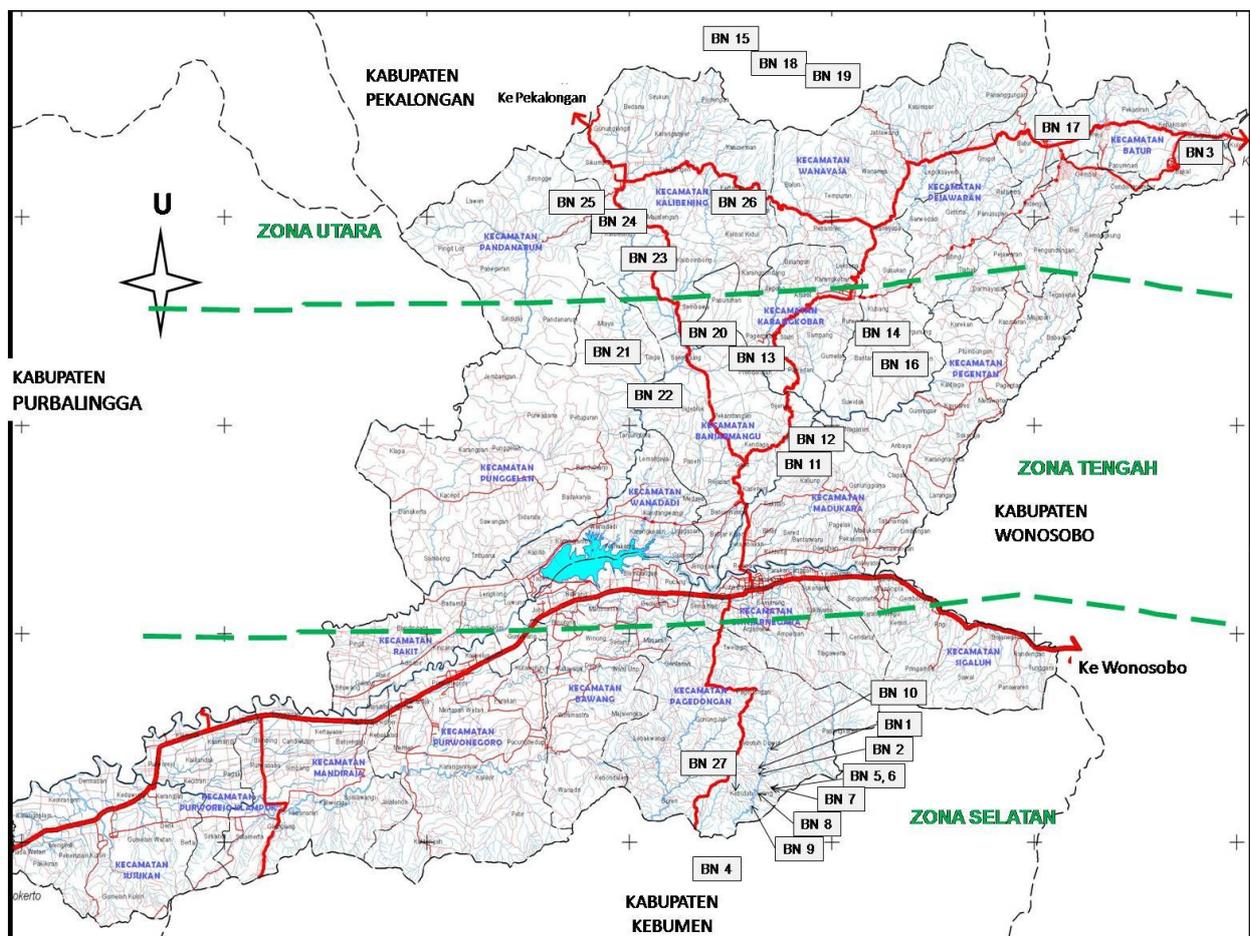
Salah satu keberhasilan dalam eksplorasi mineral adalah penguasaan pemahaman tentang konsep genesa mineralisasi. Dengan penguasaan pemahaman konsep genesa mineralisasi tersebut, maka akan memudahkan dalam melakukan strategi perencanaan, pemilihan lokasi dan metoda yang tepat dan efisien. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan dengan cara menginventarisasi aspek aspek genesa mineralisasi yang terekam dalam gejala geologi, sehingga model mineralisasi di Segmen Tengah Pulau Jawa ini dapat disusun dan dipergunakan sebagai acuan untuk menemukan cadangan-cadangan baru di kawasan lain yang mempunyai kemiripan gejala geologinya.

Pengendapan mineral logam pada dasarnya terjadi ketika fluida hidrotermal yang terbentuk membawa serta unsur logam dalam jumlah yang cukup disertai dengan kondisi fisika kimia yang sesuai untuk pengendapan mineral logam. Untuk mengetahuinya, diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai bagaimana karakter dan evolusi fluida hidrotermal dari awal kegiatan magmatik melalui proses hidrothermal hingga tahap pengendapan bijih melalui kondisi tekanan dan temperatur tertentu, yang

terekam dalam: zonasi alterasi *hostrock*, tipe dan geometri endapan, paragenesa dan kimia mineral bijih yang terbentuk.

Posisi tektonik Jawa sangat memungkinkan pembentukan bukaan-bukaan atau jalur lemah untuk media migrasi dan pengendapan mineral logam, karena kawasan ini dikontrol oleh pola-pola struktur sebagai akibat proses penunjaman lempeng Samudera Hindia ke bawah lempeng Eurasia (Hamilton, 1979 dan Hall, 2002). Proses penunjaman ini yang telah berlangsung sejak Mesozoik telah menghasilkan tiga pola struktur di Jawa (Pulunggono, 1994), yaitu pola Meratus (Timurlaut – Baratdaya), pola Sunda atau Sumatra (Baratlaut – Tenggara), dan pola Jawa (Barat – Timur).

Segmen Tengah Pulau Jawa secara geologi berbeda dengan Segmen Jawa Barat. Segmen Jawa Barat di dominasi oleh endapan vulkanik berumur tua hingga muda dengan kerucut gunungapi yang bersifat kompleks. Sedangkan di Segmen Tengah Pulau Jawa lebih didominasi oleh batuan sedimen dengan sedikit gunungapi kerucut soliter. Sumber fluida mineralisasi di Jawa Barat lebih nyata terlihat dikontrol oleh pusat-pusat gunungapi, sedangkan di Jawa Tengah sumber panas fluida dikontrol oleh tubuh-tubuh intrusi yang tidak muncul hingga ke permukaan. Batuan samping (*hostrock*) di Jawa Barat didominasi oleh batuan vulkanik, sedangkan *hostrock* di Jawa Tengah sangat bervariasi, antara lain batuan sedimen, kompleks akresi metamorf dan ultrabasa dan vulkanik klastik epiklastik.



Gambar 1. Peta lintasan penelitian lapangan dan nomor lokasi sampel.

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai aspek-aspek yang terkait dalam proses mineralisasi hidrotermal di daerah Banjarnegara dan sekitarnya, meliputi aspek mineralogi, geologi struktur dan geokimia.

METODOLOGI

Magma disusun oleh unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang. Diantara unsur jejak tersebut terdapat unsur-unsur logam yang menjadi sumber pembentukan endapan logam. Larutan hidrotermal asal magma yang mengandung unsur-unsur logam tersebut akan bergerak keatas mencari kesetimbangan tekanan. Dalam perjalanannya larutan bereaksi dengan media yang dilaluinya, melarutkan dan atau mengendapkan kandungannya. Kondisi lingkungan fisika dan kimia larutan akan mempengaruhi hasil interaksinya, baik ubahan batuan maupun mineralisasi bijihnya. Perangkap tempat terbentuknya mineralisasi hidrotermal adalah suatu bukaan dalam bumi atau jalur-jalur lemah yang berpotensi untuk dilalui fluida. Bukaan atau jalur-jalur lemah tersebut terjadi akibat dinamika di dalam bumi yang bekerja dalam suatu ruang dan waktu. Pola atau bentuk-bentuk bukaan dan jalur lemah tersebut dikontrol oleh struktur geologi. Oleh karenanya, pembelajaran mengenai model mineralisasi hidrotermal tidak lepas dari gejala batuan ubahan, asosiasi mineral bijih dan struktur geologi.

Untuk mendapatkan data-data yang meliputi batuan ubahan, asosiasi dan tipe endapan mineralisasi, dilakukan pengamatan geologi di lapangan yang ditunjang dengan analisis petrografi, mineragrafi dan kimia di laboratorium.

Kegiatan penelitian lapangan mencakup: pengamatan, pengukuran, pencatatan, pengambilan conto batuan / mineral dan pendokumentasian gejala-gejala litologi, alterasi, mineralisasi, struktur geologi dan lokasi GPS. Lintasan Pengamatan geologi lapangan dibagi dalam tiga zona, yaitu (Gambar 1) zona selatan, tengah dan utara. Analisis petrografi, mineragrafi, inklusi fluida, dan kimia XRF dilakukan di Laboratorium Fisika Mineral Puslit Geoteknologi LIPI Bandung, adapun analisis kimia unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang dilakukan di Actlabs Kanada.

DATA HASIL PENELITIAN

Zona Utara: Meliputi daerah-daerah Yosopuro, Margasari, Kalibening, Gembol dan Dieng. Litologi disusun oleh batuan vulkanik andesitic Rogojembangan, alterasi argilik, mineralisasi tidak terlihat Yosopuro. intrusi Gabro yang menerobos satuan klastika halus gampingan, alterasi propilit (epidot klorit karbonat). Mineralisasi system urat kuarsa kalsit mengandung pirit, kalkopirit, spalerit, galena; zona urat berarah Barat Baratlaut – Timur Tenggara (Margasari, Kalibombong, Kalibening). Batuan vulkanik andesitic Dieng, alterasi argilit, vuggy kuarsa, sedimen ekshalasi sulfur pada celah dan permukaan (Gembol, Dieng).

Zona Tengah: Meliputi daerah-daerah Mlaya, Kali Tengah, Kali Lunjar Banjarmangu, Bantar Karangobar, Pagentan. Litologi disusun oleh batuan sediman klastika halus gampingan, alterasi argilik, mineralisasi jejak urat kuarsa berarah Barat baratlaut – Timur tenggara (Mlaya). satuan batuan sedimen klastika halus gampingan, bongkah mineralisasi system urat kuarsa kalsit mengandung kalkopirit, pirit, pirhotit, sfalerit, galena (Kali Tengah). Batuan sediman klastika halus gampingan diterobos dike sill diabasik, bongkah mineralisasi system urat kuarsa kalsit mengandung kalkopirit, pirhotit, pirit, galena (Kali Lunjar Banjarmangu). Dan perlapisan selang-seling sediman klastika halus gampingan, dekat terobosan mikro diorit, alterasi argilik, bongkah mineralisasi system urat kuarsa kalsit mengandung kalkopirit, pirit, galena Bantar, Karangobar). Jejak mineralisasi berupa urat kuarsa berarah Barat Baratlaut – Timur Tenggara (Mlaya).

Zona Selatan: Mencakup daerah-daerah Kebutuh Jurang Kali Bermali, Kali Lokidang dan Kali Wadungan. Litologi disusun oleh batuan metamorf sekis hijau asal basaltis, alterasi propilit (epidot klorit karbonat kuarsa), mineralisasi sistem urat halus stockwork berkomposisi kalsit kuarsa mengandung galena, pirit, kalkopirit, stibnite (Kali Lokidang). Keratan batuan metamorf sekis mika garnet dan ultrabasa terbreksikan, alterasi propilit (epidot klorit karbonat kuarsa). Mineralisasi sistem urat kalsit kuarsa mengandung galena, pirit, kalkopirit, stibnite. Zona urat berarah Timurlaut - Baratdaya miring ke Selatan (Kali Wadungan Kebutuh Jurang). Dan keratan batuan metamorf sekis mika garnet, dan ultrabasa terbreksikan, alterasi propilit (epidot klorit karbonat kuarsa), dan argilit, mineralisasi system urat kalsit kuarsa mengandung galena, pirit, kalkopirit, stibnite. (Kali Bermali Kebutuh Jurang).

Tabel 1. Kandungan logam sampel batuan daerah Banjarnegara

	Kandungan Logam (ppm)					
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn
ZONA UTARA						
Yosopuro	0,75	1,75	76,81	87,23	53,71	392,99
Margasari	0,55	0,50	300,75	32,61	80,00	886,56
Dieng	-	0,50	150,00	25,00	90,00	166,23
ZONA TENGAH						
Mlaya Utara	1,21	0,77	78,50	9,16	72,39	744,15
Kali Tengah	1,72	1,34	136,52	30,32	512,26	2064,00
Kali Lunjar	1,14	0,75	210,00	16,30	50,00	1475,00
Bantar	-	-	-	-	76,85	2865,00
ZONA SELATAN						
Kali Lokidang	0,95	1,21	43,35	13,93	529,25	840,42
Kali Wadungan	0,84	0,18	67,10	6,93	39,59	1203,80
Kali Bermali	0,51	-	57,94	15,77	56,17	2404,00

Analisis kimia dilakukan terhadap 12 (dua belas) conto batuan intrusi dan lava untuk mengetahui kandungan unsur utama (*major elements*), unsur jejak (*trace elements*) dan unsur tanah jarang (*rare earth elements*). Analisis dilakukan di Laboratorium Komersial di Kanada yaitu *Activation Laboratory* dengan menggunakan metode *Fusion-ICP*, *metaborate / tetraborate*, dan *Fusion-ICP/MS*. Disamping itu juga dilakukan analisis kimia terhadap 20 sampel batuan ubahan dan urat untuk mengetahui kandungan unsur logam Au, Ag, Cu, Pb, Zn, dan Mn di Laboratorium Kimia Mineral Puslit Geoteknologi LIPI dengan metoda XRF, Gravimetri, AAS dan titrasi. Hasil analisis kimia unsur target (logam mulia dan dasar) disajikan dalam Table 1, hasil analisis kimia unsur utama disajikan dalam Tabel 2, unsur jejak dalam Tabel 3, dan unsur tanah jarang dalam Gambar 2.

Tabel 2. Hasil analisis kimia kandungan % berat unsur utama sampel intrusi dan lava dari Banjarnegara

% berat	BN - 3 A	BN - 11 A	BN- 11 B	BN- 12	BN- 13 C	BN- 14	BN- 15	BN- 17	BN- 22	BN- 23	BN- 24	BN- 25
SiO ₂	55.4 6	60.4 3	61.35	46.9 5	48.06	53.91	59.6 8	57.34	57.9 3	46.2 7	57.7 6	60.0 3
Al ₂ O ₃	17.9 6	17.1 2	17	15.9 6	16.61	19.67	17.1	16.65	19.3	16.1 8	17.7 1	16.8 7
Fe ₂ O ₃ (T)	8.16	6.45	5.65	12.1 8	11.93	8.26	7.42	8.98	6.55	10.3	6.28	6.35
MnO	0.14 3	0.19 3	0.148	0.19 8	0.23	0.139	0.15 6	0.195	0.12 8	0.19 5	0.16 1	0.17 2
MgO	2.51	2.07	1.83	6.31	7.3	2.16	2.52	2.11	2.29	9.06	2.69	2.45
CaO	7.39	5.42	6.03	8.94	5.11	7.77	5.94	5.83	7.23	9.02	6.88	6.36
Na ₂ O	2.92	3.39	3.37	2.39	3.43	3.01	3.07	3.18	3.38	3.61	3.45	3.46
K ₂ O	2.11	1.95	2.08	0.64	0.72	1.65	2.49	2.48	2.05	0.26	2.08	2.27
TiO ₂	0.92 7	0.64 4	0.564	0.91 3	0.914	1.034	0.77 2	1.175	0.66 6	0.91 2	0.54 5	0.52 1
P ₂ O ₅	0.25	0.17	0.18	0.2	0.17	0.28	0.19	0.56	0.26	0.22	0.19	0.22
LOI	1.88	3.03	2.13	4.84	5.42	1.35	1.62	1.47	0.82	4.25	0.65	0.59
Total	99.7 2	100. 9	100.3	99.5 2	99.89	99.22	101	99.98	100. 6	100. 3	98.3 8	99.3

Tabel 3. Hasil analisis kimia Kandungan unsur jejak sampel intrusi dan lava dari Banjarnegara

ppm	BN-3 A	BN-11 A	BN-11 B	BN-12	BN-13 C	BN-14	BN-15	BN-17	BN-22	BN-23	BN-24	BN-25
Rb	74	57	60	13	9	58	83	89	66	4	77	89
Nb	5	4	4	2	1	8	8	9	5	4	6	6
Ba	368	461	449	146	338	326	493	458	398	220	497	540
Sr	433	330	334	307	261	340	311	434	477	761	501	500
Y	23	22	25	18	21	33	28	34	22	17	17	18
Zr	117	140	143	61	59	149	162	165	128	74	99	109
Hf	3	3.3	3.4	1.6	1.6	3.8	4.1	4.2	3.1	1.8	2.4	2.6
Ta	0.4	0.3	0.3	< 0.1	< 0.1	0.5	0.6	0.7	0.3	0.2	0.5	0.4
Th	11.3	6.9	7.2	2.9	2.3	7.4	10.2	10.8	8.2	3.6	10.1	11.9
U	2.8	1.9	2	0.7	0.6	1.9	2.6	2.6	1.8	0.8	2	2.3
V	232	135	111	369	349	173	163	238	129	250	136	124
Cr	< 20	< 20	< 20	90	50	< 20	30	< 20	< 20	360	< 20	20
Co	17	12	11	40	34	15	15	11	13	36	14	13
Ni	70	< 20	< 20	90	40	30	30	90	60	150	20	30
Cu	150	50	50	160	210	50	60	60	60	70	50	60
Zn	90	70	50	90	50	70	70	110	70	80	50	60

ANALISIS / DISKUSI

Aspek litologi

Zona Utara (Yosopuro, Margasari, Dieng), litologi disusun oleh batuan vulkanik andesitic kompleks Rogojembangan dan kompleks Dieng (Condon, dkk., 1996). Gejala mineralisasi hidrotermal ditunjukkan oleh alterasi argilik di Yosopuro, alterasi propilit dan urat sulfide di Margasari, dan aktifitas ekshalasi di Dieng.

Zona Tengah (Bantar, Kalilunjar, Kali Tengah dan Mlaya), litologi disusun oleh perlapisan tipis-tipis batuan sedimen klastika halus gampingan dengan sisipan lapisan gamping kristalin dan fiber. Satuan batuan ini termasuk dalam satuan Formasi Rambatan (Condon, dkk., 1996). Indikasi mineralisasi hidrotermal ditunjukkan oleh alterasi argilik di Bantar, Mlaya, Kalilunjar dan Kali Tengah dan dijumpai bongkah urat kuarsa kalsit mengandung sulfide di Kali Lunjar dan Kali Tengah.

Di Zona Selatan (Bermali, Lokidang, Kebutuh Jurang), litologi disusun oleh keratin-keratan batuan kristalin dan metamorf yang sebagiannya terbreksikan, terdiri dari sekis mika garnet, ultrabasa, batugamping, amfibolit, meta konglomerat. Keratan-keratan aneka batuan di zona selatan ini termasuk dalam kelompok Melange atau Tektonit (Condon, et.al. 1996). Indikasi mineralisasi hidrotermal di zona selatan ini ditunjukkan oleh ubahan propilit dan argilit serta urat-urat halus kalsit kuarsa yang kadang mengandung bijih sulfida.

Berdasarkan litologi penyusun batuan samping, maka *hostrock* mineralisasi hidrotermal di daerah Banjarnegara dapat dikelompokkan kedalam tiga zona, yaitu zona Selatan *hostrock* kompleks mélange, zona Tengah *hostrock* sedimen klastika halus gampingan dan zona Utara *hostrock* batuan vulkanik.

Aspek struktur geologi

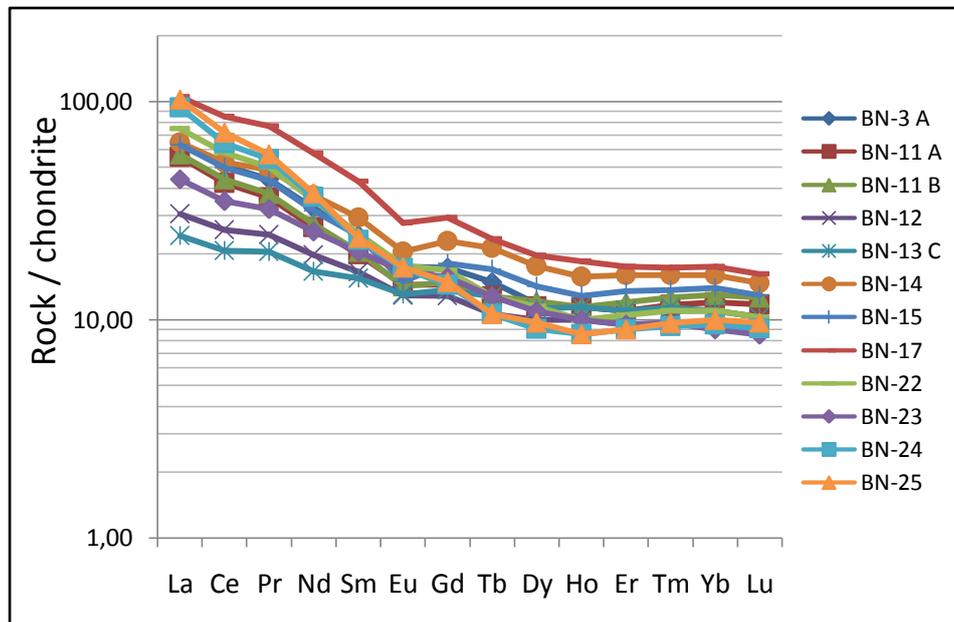
Di Zona Utara dan Tengah, kedudukan urat relatif berarah Barat Baratlaut – Timur Tenggara, arah ini merupakan gabungan antara pola Sumatra (Baratlaut – Tenggara) dan pola Jawa (Barat – Timur).

Di Zona Selatan, urat kalsit kuarsa relative Tmurlaut – Baratdaya (di Kali Wadungan), arah ini selaras dengan struktur pola Meratus (Pulungono, 1994).

Dengan demikian di Zona Selatan bukaan dikontrol oleh struktur tua, sedangkan di zona Tengah dan Utara dikontrol oleh struktur berumur lebih muda.

Aspek Geokimia

Kandungan SiO_2 sampel-sampel batuan dari daerah Banjarnegara bervariasi dari 46 % berat hingga 60 % berat (Tabel 2), menunjukkan kisaran jenis batuan dari basalt, andesit hingga dasit. Secara umum konsentrasi unsur-unsur jejak sampel dari daerah Banjarnegara sangat bervariasi (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa batuan-batuan dari Banjarnegara sangat besar kemungkinannya berasal dari sumber magma yang berbeda.



Gambar 2. Diagram laba-laba distribusi unsur tanah jarang (REE) batuan dari Banjarnegara

Diagram laba-laba unsur tanah jarang (REE) batuan dari Banjarnegara setelah dinormalisasi terhadap kondrit, menunjukkan pengayaan atau *enrichment* akan unsur-unsur LREE hingga di atas 100 kali *chondrite* (Gambar 2).

Secara umum distribusi unsur-unsur tanah jarang merepresentasikan lingkungan tepian benua aktif atau *active continental margin* (Wilson, 1989). Pola ini selaras dengan anggapan bahwa pulau Jawa merupakan bagian dari tepi benua Eurasia yang membentang dari utara ke selatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan *hostrock* nya, mineralisasi di Daerah Banjarnegara dibagi ke dalam tiga zona, yaitu zona Selatan *hostrock* kompleks *mélange*, zona Tengah *hostrock* sedimen kalsitika halus gampingan dan zona Utara *hostrock* batuan vulkanik. Gejala alterasi di ketiga zona adalah klorit, propilit dan argilik. Mineralisasi sulfida logam di ketiga zona mempunyai kemiripan yaitu sistem zona urat asosiasi kuarsa + kalsit ± sulfida ± emas, terbentuk pada sistem epitermal sulfidasi rendah.

Struktur bukaan yang berpotensi membentuk zona urat berarah Timurlaut – Baratdaya (pola Meratus) di zona selatan, dan Barat Baratlaut – Timur tenggara (pola sumatra – Jawa) di zona Tengah dan zona Utara. Khususnya di zona Tengah, selain dikontrol oleh bukaan struktur, migrasi fluida hidrotermal juga dikontrol oleh porositas, permeabilitas dan solubilitas batuan sampung (*hostrock*), sehingga distribusi mineralisasinya relatif lebih dikontrol oleh sifat batuan sampung.

Berdasarkan hasil analisis geokimia, diperkirakan sumber panas fluida tidak dari satu sumber magma, karena memiliki kisaran komposisi yang lebar. Kandungan unsur jejak dan unsur tanah jarang (REE) merepresentasikan magmatisme berasal dari lingkungan tepian benua aktif atau *active continental margin*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan selesainya penyusunan makalah ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada: Kepala Puslit Geoteknologi – LIPI selaku Kuasa Pengguna Anggaran atas izin dan pendanaan penelitian DIPA 2011; Ketua BAPPEDA Kabupaten Banjarnegara beserta Staf dan Kepala Dinas PSDA ESDM Kabupaten Banjarnegara beserta Staf atas data dan informasi kewilayahannya; Dr. Ir. Iskandar Zulkarnain atas konsultasi geokimia; Jakah, A.Md. atas bantuan pembuatan preparasi sayatan tipis dan poles batuan serta analisis XRF.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall R., 2002. *Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and the SW Pacific: Computer based Reconstructions*. Model and Animations, *Journal of Asian Earth Sciences* 20, p.353-432.
- Hamilton, W.R., 1979. *Tectonic of The Indonesian Region*; United State Geological Survey Profesional Paper 1078, US Government Printing Office.
- Pulunggono A., Martodjojo S, 1994. *Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa*. Proc. Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa, Yogyakarta, h 37-49.
- Condon, W.H., Pardyanto, L., Ketner, K.B., Amin, T.C., Gafoer, S., dan Samodra, H., 1996. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa Tengah, skala 1 : 100.000, edisi ke 2*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Wilson, Majorie, 1989. *Igneous Petrogenesis; A Global Tectonic Approach*. Unwin Hyman Ltd., London, 466pp, ISBN 0-04-552024-0.
- Zulkarnain I., Indarto S., Sudarsono, Setiawan I., dan Kuswandi, 2006. *Genesa dan Potensi emas dan Logam Dasar di sepanjang sayap Barat Bukit Barisan, kasus: daerah Madina*. Proyek Penelitian Potensi Sumberdaya Mineral, Puslit Geoteknologi, LIPI, laporan internal, tidak dipublikasikan.