



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA V
"Kontribusi Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Pembangunan
Bangsa yang Berkarakter"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 6 April 2013



MAKALAH
PENDAMPING

POSTER
(Kode : I-03)

ISBN : 979363167-8

KAJIAN GEOKIMIA KOMPLEKS GUNUNG API GEDE MERAK PADA CALON TAPAK PLTN KRAMATWATU-BANTEN

Bansyah Kironi^{1,*}, Basuki Wibowo¹ dan Imam Hamzah¹

¹*Pusat Pengembangan Energi Nuklir, BATAN
Jl. Abdurahim, Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710*

*Keperluan korespondensi, email : bansyah@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian geokimia kompleks kegunungapian Gede Merak serta tingkat bahayanya pada calon tapak PLTN Kramatwatu, Banten. Tujuan pengkajian untuk mengetahui kondisi geokimia kompleks gunungapi Gede Merak dan memperkirakan tingkat bahayanya terhadap daerah calon tapak PLTN Kramatwatu. Metodologi penelitian adalah mengumpulkan data sekunder dan menganalisis aspek geokimia batuan vulkanik kompleks kegunungapiannya, kemudian dikorelasikan dengan tingkat bahaya kegunungapian tersebut pada tapak PLTN Kramatwatu. Berdasarkan hasil analisis geokimia tersebut diperoleh distribusi batuan vulkanik mulai dari endapan basal-andesit pada Gunung Gede Merak dan sekitarnya dan dasit pada Gunung Rawadano dan, dimana kedua wilayah tersebut mewakili daerah subduksi depan dan subduksi belakang. Hasil tersebut konsisten dengan kondisi rejim tektonik kompresi yang dimiliki pada busur depan, dan rejim tektonik ekstensi pada busur belakangnya. Berdasarkan diagram AMF diperlihatkan kondisi geokimia busur depan yang didominasi kalk alkalin yang bersifat eksplosif serta magma toilitik pada busur belakangnya yang cenderung efusif. Kondisi tektonik pada busur belakang tersebut yang cenderung stabil yang disimpulkan daerah calon tapak PLTN Kramatwatu tersebut dapat dianggap aman dari aspek bahaya vulkanik.

Kata Kunci: geokimia, tapak, bahaya vulkanik.

PENDAHULUAN

Pemilihan suatu tapak fasilitas nuklir seperti PLTN memerlukan suatu kajian yang mendalam pada aspek Vulkanologi, dimana fasilitas tersebut harus terbebas dari ancaman bahaya eksternal alamiah geologi umumnya. Tapak PLTN Kramatwatu berjarak 10 km dari Gunung Gede-Merak, dan 50 km dari Gunung Rawadano, oleh karena itu kajian bahaya kegunungapian perlu dilakukan pada tapak tersebut, untuk memastikan tingkat

ancaman bahaya vulkanik yang diterima adalah kecil atau bahkan dapat diabaikan . Menurut DS-405, panduan IAEA aspek bahaya kegunungapian pada tapak PLTN, pengumpulan data geokimia batuan vulkanik akan memberikan gambaran aktifitas gunung api tersebut [1].

Tujuan dari kajian geokimia kompleks Gunungapi Gede Merak adalah untuk mengetahui struktur geokimia dari jajaran gunungapi tersebut, dimana jajaran yang masuk dalam katagori subduksi

depan (fore arc subduction) akan cenderung bersifat eksplosif. Sedangkan jajaran gunungapi yang masuk dalam katagori subduksi belakang (back arc subduction) akan cenderung bersifat efusif. Selain itu, kondisi geokimia juga dapat memberikan indikasi apakah tingkat kebolehjadian tektoniknya cukup memberikan trigger gunung tersebut aktif. Sampel batuan vulkanik yang diambil mewakili batuan yang berasal dari Gunung Gede Merak dan sekitarnya, sehingga secara keseluruhan distribusi spasial dan temporal aspek geokimia dari kompleks kegunungapian Gede Merak dapat diketahui dan diinterpretasikan pada aspek bahaya vulkanik yang muncul pada tapak PLTN Kramatwatu.

Secara regional, kompleks Gunungapi Gede Merak terdiri dari Gunung Rangkong, Rawadano yang berumur pleistosen Bawah, Gunung Asupan, Dome Wadas, Gede Merak, Dome Pasir Terbang, Marikangen yang berumur pleistosen atas, dan Gunung karang, Pinang, Pulosari, Parakasak yang berumur holosen. Berdasarkan peta geologi Banten, salah satu produk vulkanik yang utama dari Gunung Rawadano adalah endapan piroklastik yang besar yang disebut Tufa Banten, sehingga asesmen bahaya vulkanik pada tapak dari kluster Gn. Rawadano serta kluster Gn. Gede Merak perlu dilakukan untuk memastikan keselamatan tapak melalui analisis siklus geokimianya dengan melakukan pengambilan contoh, analisis geokimia oksida mayor serta elemen penjejaknya sebagai acuan [3].

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Landasan Teori

Berdasarkan klasifikasi Condi (1983), seri magma yang dominan pada jalur subduksi depan (Gambar 1.) adalah kalk-alkalin dengan regim tektonik kompresi, sedangkan pada jalur subduksi belakang adalah Toilitik dengan regim tektonik ekstensi (dekompresi). Batuan vulkanik yang berasal dari seri magma Toilitik diklasifikasikan sebagai subalkalin (mengandung sodium yang lebih sedikit dari batuan basal yang lain) dan sangat berbeda dengan batuan seri magma kalk alkalin, dimana magma Toilitik sangat tereduksi, sedangkan magma kalk alkalin sangat teroksidasi. Magma basal adalah merupakan lelehan parsial mantel peridotite yang diperoleh dari tektonik dekompresi mantel bumi, dan merupakan bagian proses pembentukan batuan gunungapi basal. Basal Toilitik adalah merupakan produk batuan gunungapi umumnya di bumi, dimana batuan tersebut berasal dari kegunungapian bawah laut *MORB* (mid ocean ridge basalt) atau busur belakang subduksi.

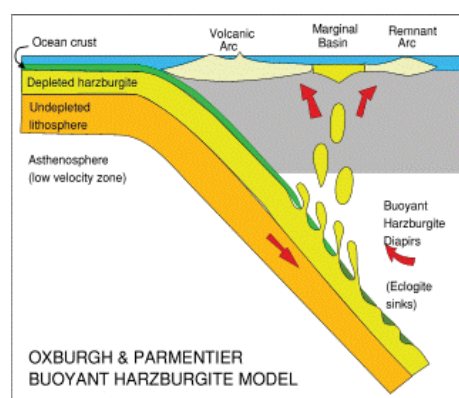
Batuan dari seri magma kalk alkalin sangat berbeda dengan dengan batuan seri magma toleitik dalam hal kondisi redoks (reduksi-oksidasi), dimana magma toleitik tereduksi, sedangkan magma kalk alkalin teroksidasi. Pada saat magma mafik (basal) terkristalisasi, terjadi proses pengkayaan magnesium dan pengurangan besi (iron) pada mineral silikat olivine dan pyroxenenya, sedangkan pada magma kalk alkalin kandungan besi (iron) tetap tinggi.

Magma kalk alkalin biasanya bersifat basah, dan teroksidasi. Batuan kalk alkalin biasanya ditemukan pada busur diatas zona subduksi, busur volkanik, atau pada kerak kontinental. Batuan jenis tersebut (kalk alkalin) secara genetik terkait dengan fraksi kristalisasi magma basal pada zona subduksi, atau komposisi andesit yang terbentuk pada mantel bumi .

Unsur geokimia terdiri dari elemen mayor (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , dan P_2O_5) dan elemen penjejak (trace element). Elemen penjejak terdiri dari (a) *Large ion lithophile elements* (LILE): potassium, rubidium, caesium, strontium, barium, (b) *High field strength elements* (HFSE): Ti, V, Zr, Nb, Hf and Ta, (c) *Transition elements*: Scandium Titanium, Vanadium, Chromium, Manganese, Iron, dan (d) *Rare earth elements* (REE): Scandium, Yttrium, Lanthanum, Cerium, Praseodymium, dan seterusnya. Kegunaan dari elemen mayor adalah untuk mengetahui petrogenesis magma primer, dan proses diferensiasi magma pada wilayah dangkal. Selanjutnya aplikasi dari elemen penjejak adalah, (a) pemodelan diferensiasi magmatik, (b) penentuan kedalaman produksi magma primer, (c) memperkirakan tingkat fraksi kristak pada magma, (d) pembuatan diagram REE, (e) pembuatan diagram diskriminan [4].

Hasil konfirmasi lapangan (Gambar 2.) diperoleh dengan melakukan konfirmasi lapangan. Kaldera Gede Merak Dano berumur Pleistosen (Kuartar), sedangkan Kaldera Anyer lebih tua, diduga berumur Plio-Pleistosen. Di dalam Kaldera

Gede Merak (terdapat G. Rawa Dano, G. Karang dan G. Palasari, sedangkan di dalam Kaldera Anyer terdapat G. Condong dan G. Congcot. Kaldera Anyer menghasilkan Tuf Banten Tua dan Kaldera Rawa Dano menghasilkan Tuf Banten Muda. Penyebaran Tuf Banten Muda diketahui hingga di sepanjang pantai Banten utara, sehingga daerah sepanjang pantai Banten bagian barat hingga utara dapat dinyatakan untuk disarankan sebagai zona calon tapak potensial berdasarkan analisis topikal kegunungapian, dengan catatan perlu studi lebih lanjut aspek geokimia dari kompleks Gunungapi Gede Merak tersebut.



Gambar 1. Tektonik Subduksi [5]



Gambar 2. Peta Geologi Gede Merak [6]

2.2 Prosedur

- a) Pengumpulan sampel batuan vulkanik yang mewakili wilayah Komplek

Gunung Api Gede Merak dan sekitarnya;

- b) Proses laboratorium untuk menentukan komposisi elemen mayor dan elemen penjejaknya;
- c) Pembuatan diagram mayor dan elemen penjejaknya terkait dengan kondisi tektonik dan magmatis yang menyertainya;
- d) Melakukan analisis geokimia terkait dengan tingkat bahaya vulkanik pada calon tapak PLTN Kramatwatu.

2.3 Asumsi dan Data

Beberapa asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut: (a) Sampel berasal dari Gunung Gede Merak dan sekitarnya, (b) Elemen utama yang dianalisa adalah elemen mayor, dan elemen penjejak (trace elemen), (c) Diagram klasifikasi menggunakan variasi Na_2O+K_2O Vs. SiO_2 , (d) Diferensiasi jenis magma menggunakan diagram afinitas segitiga A (Na_2O+K_2O), F(FeO^*) dan M (MgO), (e) Penentuan sumber tektonik menggunakan diagram diskriminan $MnO-TiO_2-P_2O_5$ (Mullen, 1983). Data laboratorium elemen mayor dan elemen penjejaknya dari kompleks Gunung. Gede Merak ditampilkan pada Tabel 1.. (elemen mayor Gede Merak), serta Tabel 2 . (elemen penjejak).

Tabel 1, Hasil analisis geokimia elemen mayor batuan vulkanik dari daerah Banten [6]

Metoda	B05-ST-13-B-1		ST 13-3		Dome Wadas 1		ST 13-1		ST 13-2		BTN 3-A		B05-ST-6-4		B04-ST-7		ST 14-C		B 05- ST6-B		C1- Pumis		F112	
	RDKS	RDI	RDI	GKxL	RDI	RDI	RDI	CLV3	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	Tula Banten	Tula Banten				
SiO2	52.09	58.72	58.66	55.32	55.65	61.94	64.83	61.68	58.14	61.66	67.84	69.53												
TiO2	0.76	0.82	0.79	0.90	0.63	0.69	0.41	0.89	0.77	0.50	0.30	0.26												
Al2O3	17.33	16.73	16.94	16.55	17.44	16.42	16.39	15.74	17.70	17.19	14.69	14.07												
FeO3	1.49	1.14	1.19	1.28	0.90	1.00	0.64	0.80	1.11	0.69	0.40	0.36												
FeO	7.58	5.84	6.07	6.51	4.61	5.10	3.26	4.58	5.68	3.33	2.02	1.86												
MnO	0.15	0.15	0.14	0.16	0.15	0.08	0.12	0.11	0.12	0.07	0.05	0.07												
MgO	9.07	8.60	8.20	6.12	4.93	4.51	3.40	3.86	5.40	4.26	1.83	1.48												
CaO	4.25	2.45	1.90	2.48	1.45	0.88	0.53	1.55	1.15	0.80	0.21	0.19												
Na2O	2.40	3.63	3.40	3.25	3.99	3.94	4.64	3.87	4.39	4.41	2.51	2.52												
K2O	0.86	1.75	1.95	1.68	2.37	2.13	2.68	2.30	1.80	2.22	3.01	3.72												
P2O5	0.15	0.22	0.25	0.23	0.33	0.22	0.17	0.32	0.34	0.24	0.02	0.02												
LOI	2.92	2.45	2.72	4.90	6.86	2.40	2.35	4.09	2.99	3.66	6.81	5.65												
Total	99.05	99.49	99.22	99.38	99.30	99.34	99.42	99.39	99.23	99.34	99.48	99.73												

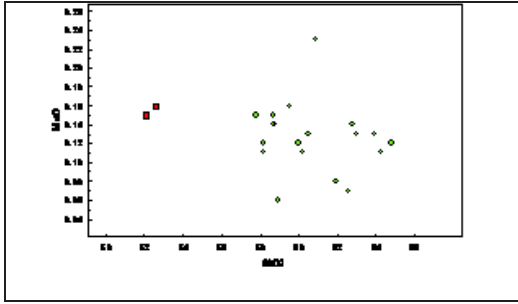
Tabel 2. Hasil analisis geokimia elemen penjejak batuan vulkanik Gede Merak [6]

Metoda	B05-ST-13-B-1		ST 13-3		Dome Wadas 1		ST 13-1		ST 13-2		BTN 3-A		B05-ST-6-4		B04-ST-7		ST 14-C		B 05- ST6-B		C1- Pumis		F112	
	RDKS	RDI	RDI	GKxL	RDI	RDI	RDI	CLV3	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	GKxL	Tula Banten	Tula Banten				
Ba (ppm)	210	210	291	231	237	292	376	355	255	322	366	398												
Cr	222	136	33	42		64	213	88	113	28	33	42												
Pb						19	28	39	37		27	53												
Rb	14				26	17	32	19			48	63												
Sr	524	550	503	522	396	436	403	441	553	473	212	189												
V	273	153	144	168	62	120	16	68	104	30	39	22												
Y	17		21	20	28	22		24	26	25	26	30												
Zr	77	148	153	153	155	175	258	194	150	208	198	209												
Co	84	68	62	61	39	55	35	41	56	27	13	21												
Ni	33																							
Cu	101	24	30	27	14	27	22	16	21		11	13												
Zn	82	30	39	33	56	49	33	37	79	33	47	48												
Ca	16	16	16	14	17	15	16	17	14	15	17	14												
Sc	37			19		14	16																	
Nb						8				8	10	9												

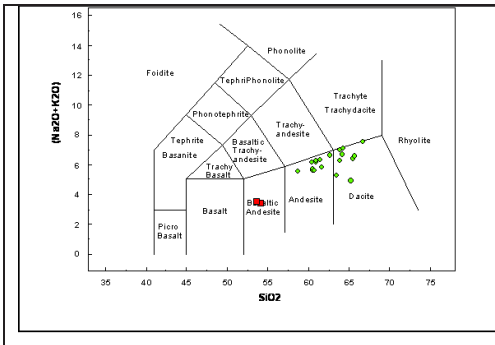
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

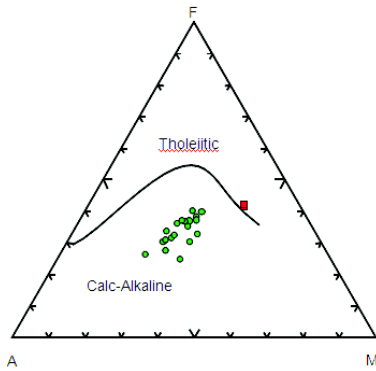
Berdasarkan data Tabel 1. dan Tabel 2. diperoleh diagram sebagai berikut: (a) Diagram variasi SiO_2 Vs. MgO, SiO_2 Vs. CaO, SiO_2 Vs. NaO, SiO_2 Vs. Al_2O_3 , SiO_2 Vs. K_2O dan SiO_2 Vs. FeO diperlihatkan pada Gambar. 3 dan 4. (b) Diagram diskriminan $MnO-TiO_2-P_2O_5$ pada Gambar 7.



[6 Gambar 3. Variasi Unsur Na₂O Vs. NaO dan SiO₂ Vs. Al₂O₃ Gede Merak]



Gambar 4. Diagram klasifikasi batuan vulkanik [6]



Gambar 5. Diagram diskriminan MnO-TiO₂-P₂O₅ (Mullen, 1983) [7]

3.2 Pembahasan

Dari semua sampel yang dianalisis menunjukkan kandungan SiO₂ : 52.09-69.53%; Al₂O₃ menengah 14.69-17.89%; K₂O dan TiO₂ berturut-turut bervariasi antara 0.30-3.72% dan 0.26-1.04%. Kandungan MgO berkisar antara 1.48-

9.18%; sedangkan Fe₂O₃* bervariasi rendah antara 0.64-1.55%. Unsur oksida lainnya memperlihatkan jumlah yang tidak begitu bervariasi tinggi, yaitu : Na₂O antara 1.75-4.66%; P₂O₅ : 0.02-0.46%; CaO: 0.21-4.65% dan MnO : 0.05-0.16%. Dari kandungan SiO₂ nya, sebagai besar contoh

batuan yang di analisis adalah termasuk batuan andesit dan dasit, hanya dua contoh yang mempunyai kadungan SiO₂ paling rendah yang termasuk kedalam kelompok batuan andesit-basaltik (B09-ST-13-B-1 dan Pinang 8). Dengan kata lain, populasi batuan produk dari kompleks vulkanik Gunung Gede-Merak dan Rawa Dano daerah Banten ini komposisinya berkisar dari andesit-basaltik, serta andesit hingga dasit.

Dari perajahan batuan vulkanik daerah Banten dalam diagram segitiga A (Na₂O+K₂O), F (FeO*) dan M (MgO) menurut Irvin dan Baragar (1971)[7][8][9], diperlihatkan dengan jelas bahwa semua batuan andesit dan dasit tergolong kedalam afinitas batuan kalk-alkali, sedangkan batuan andesit-basaltik (B09-ST-13-B-1 dan Pinang 8) tergolong kedalam afinitas toleit (gambar 6.). Beberapa ciri pola kimia batuan kalk-alkali tersebut adalah sebagai berikut : kandungan SiO₂ berkisar antara 53.61% - 69.53%, Al₂O₃ = 14.69%-17.89%; K₂O = 1.42-3.72%; TiO₂ = 0.26 %-1.04 %. Sedangkan beberapa ciri pola kimia afinitas batuan toleit diantaranya kandungan SiO₂ berkisar antara 52.09-52.58%, K₂O = 0.82-0.86%; TiO₂ = 0.76 %-0.77 %.

Berdasarkan diagram diskriminan diperoleh gambaran evolusi gunungapi Gede Merak, diawali dengan

pembentukan kompleks gunungapi (G.Rawa Dano, G. Marikangen dan G. Pinang) yang berada di sebelah selatan. Produknya terdiri dari lava, dan batuan piroklastik Tufa Banten yang mencirikan tipe letusan eksplosif. Di sebelah utara kompleks G. Gede-Merak berkomposisi basaltic andesit sampai dasit yang tersusun oleh aliran piroklastika, aliran lava dan kubah lava, serta beberapa kubah lava dari sistem kerucut samping, sehingga tipe letusan G. Gede-Merak termasuk tipe eksplosif dan efusif. Dari pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa evolusi vulkanisme daerah penelitian diawali dari kompleks gunungapi Gede Merak yang berada di selatan bersifat eksplosif sedangkan di utara lebih muda bersifat efusif.

KESIMPULAN

- a) Berdasarkan Gambar 5. diperoleh gambaran sumber magmatik dan tektonik dari kompleks Gn. Gede Merak sebagai berikut: (a) diperoleh gambaran magma yang dominan pada magma Toleitik dominan pada Gn. Gede Merak;sedangkan Gn. Rawadano dan sekitarnya bersifat kalk alkalin, (b) diperoleh gambaran tektonik yang dominan pada Gn. Rawadano dan sekitarnya bersifat subduksi busur depan (kompresi) yang bersifat eksplosif, sedangkan subduksi busur belakang (dekompresi) dominan pada Gn. Gede Merak yang bersifat efusif. Sumber tektonik busur depan pada

Rawadano dan sekitarnya berdasarkan gambaran geokimianya akan mempunyai kebolehjadian yang lebih besar jika dibandingkan dengan busur belakang pada Gede Merak. Karena tapak PLTN Keramatwatu berjarak 10 km dari Gn.Gede Merak dan 50 Km dari Rawadano maka bahaya spasial aspek vulkanik Rawadano secara umum dapat diabaikan (Tabel 3.)

Tabel 3 Kondisi Geokimia dan Tingkat Bahaya Probabilitas Spasial Vulkanik Gede Merak

Gunung	Tektonik	Magmatik	Jarak thd. Tapak (km)	Probabilitas spasial bhy. vulkanik pd. Tapak
Rawadano	subduksi depan (kompresi)	Kalk-alkalin	50	dapat diabaikan
Gede Merak	subduksi belakang (ekstensi)	toleitik	10	kecil

- b) Telah dilakukan kajian aspek geokimia batuan kompleks Gunung Gede Merak
- c) Berdasarkan diagram klasifikasi batuan pada unsur mayor diperoleh gambaran bahwa Gunung Gede Merak dan sekitarnya bersifat andesit-basal;, sedangkan Gn. Rawadano dan sekitarnya bersifat dasi-andesit
- d) Berdasarkan diagram segitiga A (Na₂O+K₂O), F (FeO*) dan M (MgO) afinitas Gede Merak diperoleh gambaran magma yang dominan pada Gn. Gede Merak dan sekitarnya bersifat magma Toleitik dominan;
- e) Berdasarkan diagram diskriminan MnO-TiO₂-P₂O₅, diperoleh

gambaran tektonik yang dominan subduksi busur belakang (dekompresi) dominan pada Gn. Gede Merak yang bersifat efusif sedangkan Gunung Rawadano dan sekitarnya bersifat subduksi busur depan (kompresi) yang bersifat eksplosif,;

- f) Tingkat bahaya Gunung Gede Merak yang berjarak 10 km dari tapak PLTN Keramatwatu relatif kecil karena kebolehjadian tektonik pada Gunung tersebut bersifat subduksi belakang, Oleh karena itu bahaya spasial vulkanik kompleks Gunung. Gede Merak pada tapak PLTN Kramatwatu dapat diabaikan.

[6] Fitri, et al., 2010, Laporan Final Aspek Kegunungapian Survei Tapak PLTN Banten Tahap Penapisan II, LAPI-ITB, 30-31.

[7] Kusumadinanta, K. 1979. Data Dasar Gunung Api Indonesia, Direktorat Vulkanologi, Bandung, 10-15

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Draft Safety Guide IAEA No. DS 405., 2008, *Volcanic Hazard in Site Evaluation for Nuclear Power Plant*,
- [2] IAEA Provisional SS No.1., 1997, *Volcanoes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting*,31-34
- [3] Katili, J.A. 1975. *Volcanism and Plate Tectonics in the Indonesian Island Arcs*, *Tectonophysics* , 125
- [4] Edwards, C.M.H. 1990. *Petrogenesis of Tholeiitic, Calc-Alkaline and Alkaline Volcanic Rock, Sunda Arc, Indonesia*, Thesis S3, Royal Holloway and Bedford New College, University of London.
- [5] Hartono, G., 2009. *Petrologi Batuan Beku dan Gunung Api*, UNPAD Press., 105 -106l.