

## **BAB II**

### **GEOLOGI KOMPLEK GUNUNG MURIA**

#### **II.1. Geologi Umum Gunung Muria**

Komplek Gunung Muria terletak di Semenanjung Muria, yang termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Jepara, Kudus dan Pati, Provinsi Jawa Tengah. Komplek ini berasosiasi dengan Gunung Muria yang tidak aktif dan terpotong, yang dihasilkan dari busur kepulauan, sesar Jawa Tengah terutama di daerah Rembang. Komplek ini terdiri dari Gunung Muria yang sudah tidak aktif atau padam, dan dua gunung yang lebih kecil (*flank eruption*) yaitu Gunung Genuk dan Gunung Patiayam. Berdasarkan hasil studi sebelumnya, stratigrafi vulkanik Komplek Gunung Muria terdiri dari tiga daerah yang secara kronologis mulai dari Gunung Patiayam di bagian selatan, diikuti perkembangan Gunung Genuk di bagian utara dan terakhir perkembangan Gunung Muria di bagian tengah. Setiap daerah vulkanik menunjukkan beberapa kawah, yang menunjukkan titik erupsi yang berpindah dari satu titik ke titik yang lainnya. Erupsi ini menghasilkan endapan piroklastik aliran dan jatuhan, aliran lava, kubah, lahar dan endapan fluvial. Suksesi produk vulkanik dan geokronologi didasarkan pada data umur dari NEWJEC 1996 dan NTT 2000.

#### **II.1.1 Volkanostratigrafi Gunung Patiayam**

Gunung Patiayam terletak  $\pm$  18 km sebelah tenggara Gunung Muria, merupakan suatu dome (kubah gunungapai), berdiameter 7 km dengan puncak tertinggi mencapai  $\pm$  350 m. Stratigrafi Gunung Patiayam dapat dibagi menjadi dua satuan yaitu satuan breksi vulkanik dengan beberapa bomb kerak roti di lapisan bawah dan satuan perselingan batupasir tufaan dan batupasir konglomeratan dengan lapisan endapan kalkareous pada bagian atas (yang menunjukkan kemiringan dan diasumsikan sebagai pengangkatan Patiayam).

Struktur sedimen seperti lapisan bersilang dan laminasi sejajar endapan epiklastik umum ditemukan di bagian atas satuan ini. *Dike* yang ditemukan di desa Ngrangit mempunyai umur 500.000 tahun (Bellon dkk, 1989).

### **II.1.2 Volkanostratigrafi Gunung Genuk**

Gunung Genuk terletak  $\pm 19$  km sebelah utara Gunung Muria, merupakan salah satu bentuk morfologi kawah lava hasil dari erupsi samping, berdiameter 15-20 km dengan puncak tertinggi mencapai  $\pm 717$  m. Gunung Genuk menunjukkan empat kawah (G2, G3, G4, G5) dan satu kawah tua yang tidak jelas (G1).

Kawah II Genuk (G2) menghasilkan endapan piroklastik aliran (G2pf1) dan kubah lava (G2k) dengan komposisi batuan andesit piroksen, tekstur porfiritik, fenokris k-felspar dan augite yang tertanam dalam masa dasar holokristalin.

Kawah III Genuk (G3) menghasilkan endapan piroklastik aliran (G3pf1) dan kubah lava (G3k) yang muncul di bagian dalam kawah, dengan komposisi batuan andesit. Setelah membentuk kubah lava, kegiatan vulkanisme bergeser dari erupsi pusat ke erupsi samping, membentuk beberapa kubah lava (GP1) di bagian luar kawah, seperti Gunung Ragas, Tempur, Bako, Tileng, Djogo, dan Guamanik. Kubah-kubah ini berkomporsi andesit dengan umur Gunung Ragas  $1,65 \pm 0,10$  juta tahun (NEWJEC, 1999 dalam NTT, 2000).

Kawah IV Genuk (G4) kegiatan erupsinya terjadi melalui erupsi pusat dan erupsi samping. Erupsi pusat menghasilkan 5 seri aliran lava (G4I1-G4I5), 2 piroklastik aliran {G4pf(1-2)} dan 2 kubah lava. Erupsi samping (G4k) menghasilkan 2 seri parasitik kubah lava.

Kawah V Genuk (G5) menghasilkan endapan piroklastik jatuhnya (G5j) yang terdiri dari lapisan basaltik, litik dan scoria dengan tebal 0,5-3 m. Pada akhir aktivitas Kawah V dihasilkan kubah lava (G5k), yang mempunyai umur  $0,69 \pm 0,03$  juta tahun (NEWJEC, 1999, dalam NTT, 2000).

### **II.1.3 Volkanostratigrafi Gunung Muria**

Gunung Muria menempati sebagian besar Semenanjung Muria, berdiameter  $\pm 50$  km dengan puncak tertinggi mencapai  $\pm 1602$  m. Berdasarkan interpretasi analisis foto udara terlihat topografi daerah puncak Gunung Muria sangat kasar dan terdapat 4 daerah depresi yang mencerminkan adanya bentuk kawah-kawah gunungapi, yang diduga merupakan sisa-sisa kawah gunungapi masa lalu dari aktivitas Gunung Muria. Kawah-

kawah tersebut membentuk arah memanjang dengan arah N 15<sup>0</sup> E sejajar dengan sistem rekahan (*fracture*) utama. Dimensi dari kawah-kawah tersebut bervariasi dari 2 sampai 4 km, mempunyai 1 atau 2 kubah lava yang terbentuk di bagian dalam kawah. Kawah-kawah tersebut, dari tua ke muda adalah sebagai berikut : Kawah I (M1), Kawah II (M2), Kawah III (M3) dan kawah IV (M4).

Kawah-kawah ini berasal dari erupsi pusat yang menghasilkan endapan piroklastik dan lava. Erupsi sisi, kerucut parasitik dan maar terdiri dari Gundil, Alaskrasak, Kukusan, Argojembangan, Joglo, Silamuk, Gunungrowo, Bambang, Gembong, dll., yang tersebar di sekitar Gunung Muria. Produk-produk sekunder tersebar sekitar kaki Gunung Muria yang terdiri dari lahar dan endapan fluvial. Semua material gunungapi ditentukan berdasarkan pemetaan geologi detail yang dilakukan pada tahun 1997-2000 (NTT-1). Pemetaan geologi bawah permukaan dilakukan melalui beberapa pemboran intibor di daerah Ujung Lemah Abang dan Ujung Grenggengan. Pengukuran penampang stratigrafi yang dikombinasikan dengan interpretasi foto udara, memperlihatkan daerah sepanjang Sungai Gelis Utara dan Selatan disusun oleh endapan piroklastik aliran, aliran lava dan kubah lava yang berasal dari Kawah I, II, III dan IV. Pada daerah yang lebih rendah, endapan lahar terdistribusi pada daerah yang luas.

#### **II.1.4 Depresi Bundar (*Circular Depression*)**

*Circular depression* terletak di Daerah Bangsri, barat laut Gunung Muria. Berdasarkan analisis foto udara, citra satelit, dan SAR (Synthetic Aperture Radar), *circular depression* menunjukkan tekstur yang kasar dibandingkan daerah sekitarnya, yang diinterpretasikan terdiri dari material yang dihasilkan dari *circular depression* dalam daerah tersebut. Berdasarkan pemetaan geologi di daerah tersebut, terdapat lima lava dan satu endapan piroklastik aliran (NTT, 2000).

Di Bendungan Kedung Dowo, hilir Sungai Banjaran, dijumpai endapan breksi vulkanik, bagian bawahnya disusun blok-blok menyudut yang berbeda ukuran yang tertanam dalam matrik pasir, sedangkan bagian atasnya disusun lensa-lensa lava yang datar dan besar. Blok lava dan matrik berkomposisi sama, lava kaya akan leucit. Ke arah hilir, dijumpai singkapan breksi vulkanik yang sama, dengan fragmen lava andesitik piroksen (M13).

### **II.1.5 Lahar**

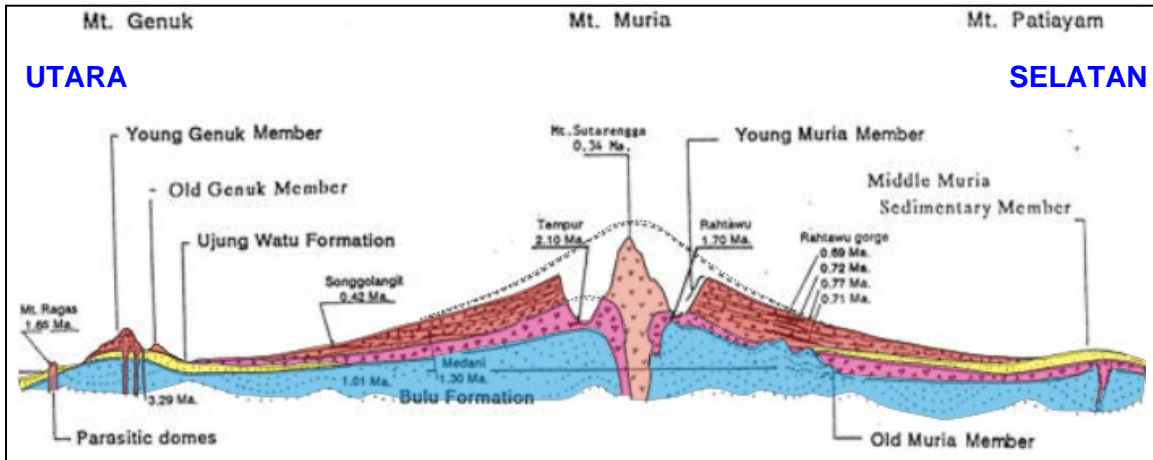
Menurut IAEA, endapan lahar di Semenanjung Muria diinterpretasikan sebagai akumulasi pasca-vulkanik material klastik oleh hasil *rework* epiklastik dan aliran massa yang mengendapkan kembali material yang lebih tua.

Secara umum endapan lahar tersebar di sekitar kaki gunung, sebelah barat, barat laut, utara, timur laut dan timur Gunung Muria (sekitar Bumiharjo, Sungai Wuni, Sungai Pligen dan Sungai Kaligung). Lahar di daerah ini disusun percampuran fragmen litik dan matrik berbutir halus. Fragmen terdiri dari pecahan lava, berkomposisi basaltik, berbentuk menyudut-menyudut tanggung, berukuran kerikil-bongkah, pemilahan buruk.

### **II.2 Karakteristik Vulkanik Muria**

Kompleks Vulkanik Muria yang terletak di Semenanjung Muria, Jawa Tengah, terdiri dari tiga rangkaian gunungapi, yaitu Gunung Genuk di bagian utara, Gunung Muria di bagian tengah, dan Gunung Patiayam di bagian selatan (**Gambar 2.1**). Di bagian barat Gunung Genuk terdapat sistem kegunungapian Ujung Lemah Abang yang mungkin berhubungan dengan sistem kegunungapian gabungan Karimunjawa dan rangkaian maar yang berhubungan dengan Gunung Muria. Sistem kegunungapian ini juga termasuk dalam Kompleks Vulkanik Muria (NTT, 2000).

Secara regional, Kompleks Vulkanik Muria berada di luar Jalur Gunungapi Kuarter Jawa. Produk gunungapinya secara petrografi dan geokimia berbeda dengan asosiasi busur kepulauan yang normal seperti pada gunungapi - gunungapi Kuarter di Jawa. Selain daripada itu, Kompleks Vulkanik Muria masih memperlihatkan karakter busur kepulauan dengan elemen kuat lapangan dari rendah hingga tinggi.



Gambar 2.1 Penampang geologi skematik (tanpa skala) di sekitar Semenanjung Muria (NEWJEC, 1996).

## II.2.1 Karakteristik Kompleks Vulkanik Muria

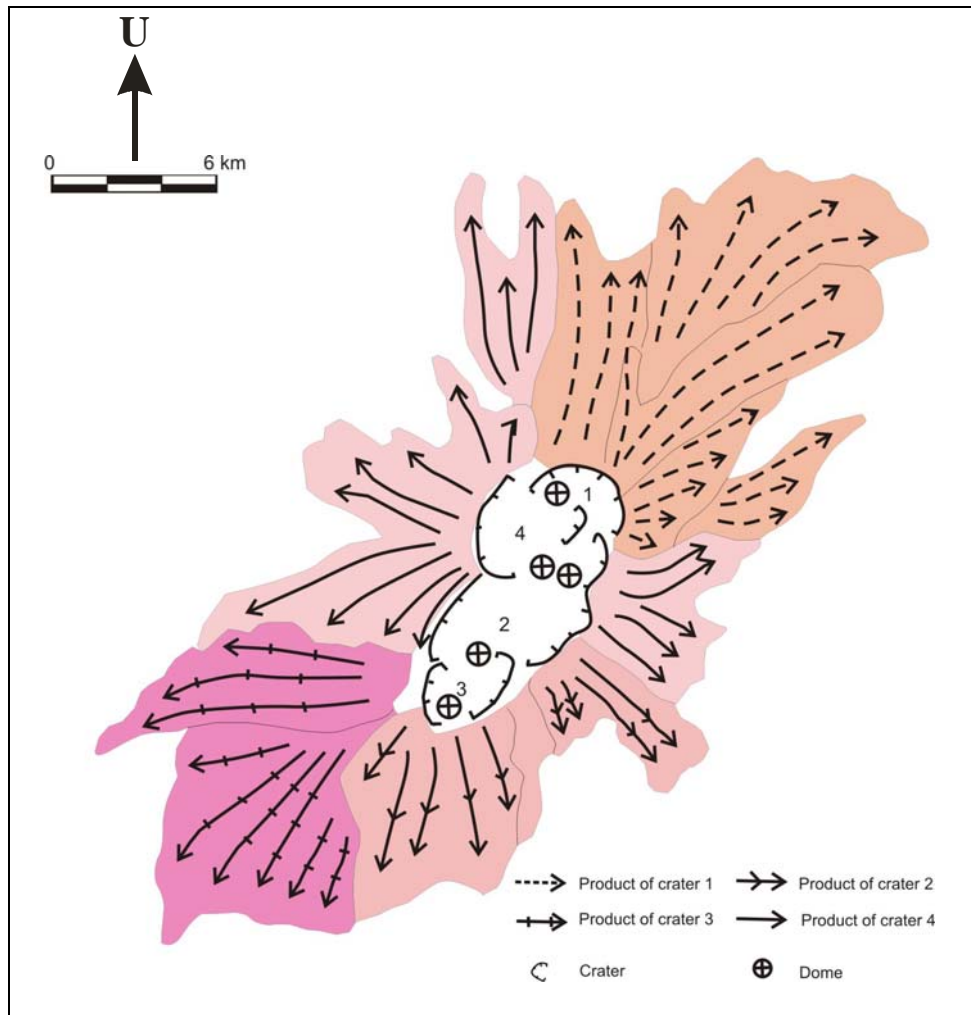
### II.2.1.1 Karakteristik Gunung Muria

Gunung Muria adalah gunungapi poligenetis yang memiliki aktifitas erupsi siklis yang bergantian antara fase dengan dominasi erupsi samping dan fase dengan dominasi erupsi pusat (Gambar 2.1). Erusi samping kemungkinan menyertai erupsi pusat. Dalam hal ini, perubahan titik erupsi dari erupsi pusat menjadi erupsi samping biasa terjadi.

Pemetaan geologi dan analisis stratigrafi telah menyimpulkan bahwa aktifitas kegunungapian dari Gunung Muria didominasi oleh lubang (*vent*) erupsi pusat yang diperlihatkan oleh lebih dari 70% total produk gunungapi yang terpetakan selama periode aktifitasnya (NTT, 2000). Material gunungapi produk erupsi pusat memiliki volume yang lebih besar dan jarak perjalanan yang lebih jauh daripada erupsi samping (*flank*). Keadaan ini menyarankan bahwa perubahan suplai magma dan energi yang melalui lubang pusat lebih besar daripada erupsi samping.

Erupsi pusat Gunung Muria berasal dari satu kawah yang tidak dapat dikenali dan empat kawah yang dapat dikenali yang muncul dan bergeser dalam zona dangkal dengan arah N 15° E paralel terhadap sistem rekahan utama di daerah puncak tertinggi (Gambar 2.2). Kawah - kawah tersebut menghasilkan material vulkanik secara bergantian yang berupa aliran piroklastik, jatuhan piroklastik, dan lava seperti yang ditunjukkan dalam sistem *stratovolcano*. *Reworked* dari material vulkanik ini menghasilkan endapan lahar

yang tersebar di kaki Gunung Muria. Sedangkan titik erupsi samping menghasilkan kubah lava dan aliran lava.



Gambar 2.2 Kawah Gunung Muria dan penyebaran produk vulkaniknya di sekitar puncak tertinggi (NEWJEC, 1996).

Gunung Muria dapat dibagi atas dua episode erupsi yang disebut sebagai Vulkanisme Muria Tua dan Vulkanisme Muria Muda. Erupsi pada Vulkanisme Muria Tua dimulai pada umur yang kira-kira sama dengan Gunung Genuk Tua (1.65 Ma). Diperkirakan setelah mengalami masa tidak aktif (*dormant*) yang panjang, suatu erupsi yang sangat eksplosif terjadi selama pembentukan kaldera Muria. Kegiatan ini kemudian dilanjutkan dengan tahap pembentukan kerucut komposit Muria Muda sekitar umur 0.8 Ma hingga 0.32 Ma. Berdasarkan hal tersebut, diperkirakan masa hidup (*lifetime*) sistem

kaldera Gunung Muria berada pada kisaran umur 1.65 Ma dan 0.84 Ma (0.85 Ma). Sedangkan Gunung Muria Muda diperkirakan mempunyai masa hidup kurang lebih 0.48 Ma. Analisis conto batuan Gunung Muria oleh NEWJEC, 1995 dan NTT, 1998 dalam NTT, 2000 (**Tabel 2.1.**) menyatakan bahwa interval masa tenang minimum dari aktifitas gunungapi Muria secara statistik adalah 10.000 tahun, sementara interval masa tenang maksimumnya adalah 230.000 tahun.

MAP UNIT	AGE (Ma)	INTERVAL TIME (year)	DATA SOURCE	REMARK
M1K2	1.00		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		230,000		
M2I3	0.77		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		20,000		
MI3	0.75		NTT (1998)	Bangsri Depression
		30,000		
M2pf4	0.72		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		30,000		
M2k1	0.69		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		-		
M2f1	0.69		NEWJEC (1995)	Flank Eruption
		20,000		
M2k2	0.67		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		33,000		
Mi1	0.64		NTT (1996)	Bangsri Depression
		47,000		
MF1	0.59		NTT (1998)	Gembong Maar
		60,000		
MF2	0.53		NTT (1998)	Bambang Maar
		10,000		
M4pf3	0.52		NTT (1998)	Central Eruption
		30,000		
MF3	0.50		NTT (1998)	Gunungrowo Maar
		30,000		
M4I1	0.47		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		50,000		
M4I5	0.42		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		80,000		
M4k1	0.34		NEWJEC (1995)	Central Eruption
		20,000		
M4k2	0.32		NEWJEC (1995)	Central Eruption

Tabel 2.1. Data umur radiometrik dan interval waktu secara statistik dari Gunung Muria (NEWJEC , 1995 dan NTT, 1998 dalam NTT, 2000).

Sistem kaldera Gunung Muria kemungkinan ditunjukkan oleh keberadaan daerah depresi berukuran besar dengan diameter 3 – 5 km di daerah puncak tertinggi, berlimpahnya kandungan *pumice* pada fragmen dan matrik unit aliran piroklastik

(M1pf2) dari Muria Tua, dan keberadaan kubah lava dengan pola melingkar di sekitar Gunung Muria. Unit aliran piroklastik kaya *pumice* (M1pf2) dapat menunjukkan kejadian pembentukan kaldera yang sangat eksplosif diantara aktifitas *stratovolcano* Muria Tua dan Muria Muda. Namun penafsiran ini masih membutuhkan klarifikasi. Jika demikian halnya, maka terdapat dua tahap pembentukan *stratovolcano* Muria, yang disebut sebagai Muria Tua dan Muria Muda, dan satu tahap penghancuran untuk membentuk kaldera diantara tahap kedua tahap pembentukan tersebut. Lebih jauh lagi, jika daerah depresi pada daerah puncak tertinggi Muria diperhitungkan sebagai hasil dari erupsi yang sangat eksplosif maka terdapat beberapa episode pembentukan kaldera pada sistem kegunungapian Muria.

Dengan mengasumsikan bahwa temuan tersebut di atas *reasonable* dan *acceptable*, maka kegunungapian Muria diawali dengan tahap pembentukan *stratovolcano*, dilanjutkan dengan kejadian pembentukan kaldera yang merupakan periode penghancuran, dan diakhiri oleh tahap pembentukan *stratovolcano* kembali.

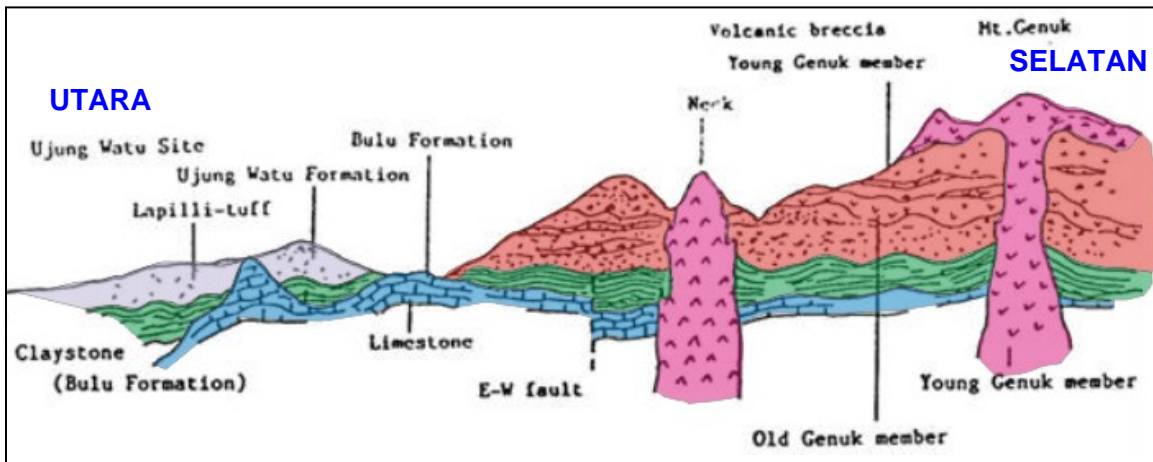
Tiga formasi maar yang disebut sebagai Gembong, Bambang, dan Gunungrowo diamati di sekitar Gunung Muria. Satu depresi melingkar yang disebut sebagai Bangsri dianggap sebagai maar juga. Maar - maar tersebut dianggap sebagai gunungapi *monogenetic* yang ditafsirkan berhubungan dengan sistem kegunungapian Muria. Sesuai dengan data umur yang tersedia, ditafsirkan masa hidup rangkaian maar tersebut berkisar antara 0.75 dan 0.5 Ma (NTT, 2000).

### **II.2.1.2 Karakteristik Gunung Genuk**

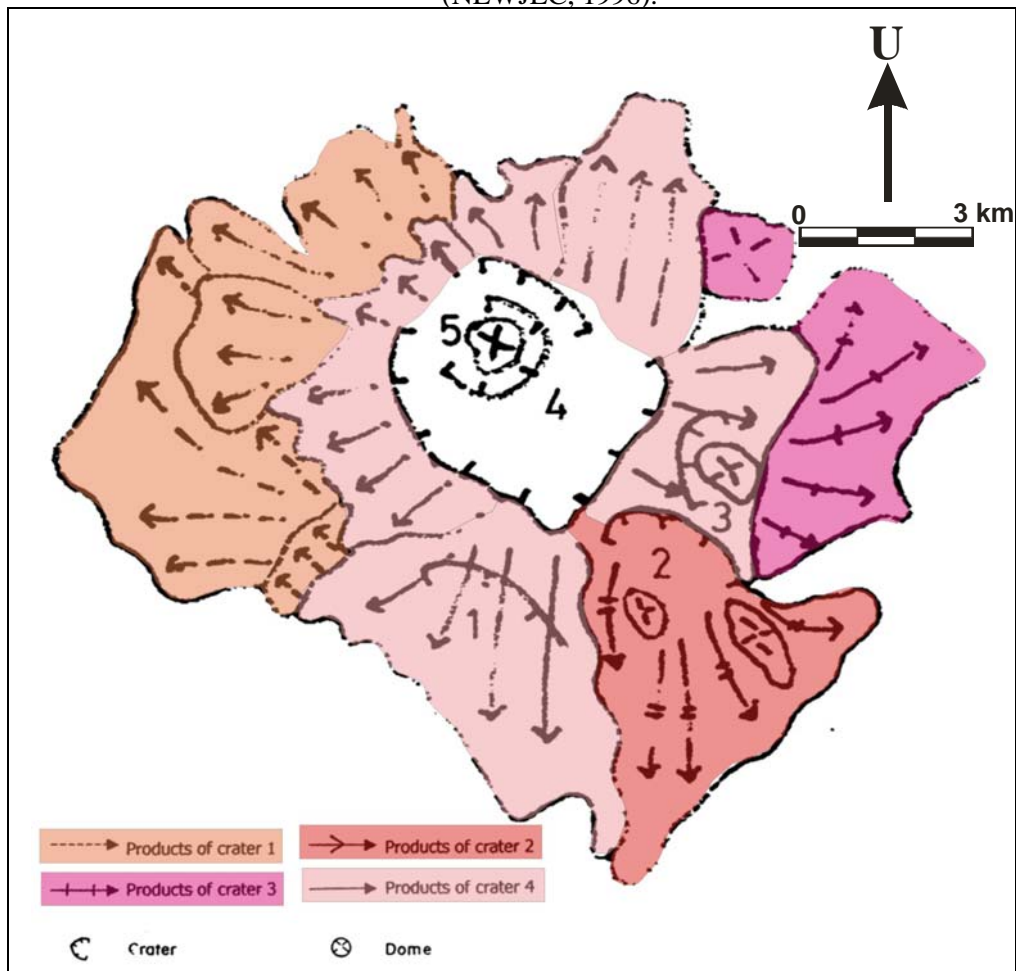
Gunung Genuk memiliki bangunan gunungapi yang lebih kecil dari Gunung Muria. Selama masa hidupnya, Gunung Genuk dimanifestasikan oleh suatu seri lima kawah yang bergeser dari titik pertama ke yang berikutnya (Gambar 2.3). Seri kawah ini menghasilkan aliran piroklastik yang terstratifikasi, jatuhan piroklastik, dan aliran lava yang menunjukkan suatu sistem *stratovolcano* (Gambar 2.4). Gunung Genuk kemungkinan juga merupakan sistem kaldera seperti yang ditunjukkan oleh kehadiran



endapan klastik vulkanik *pumice* dan kubah lava parasitik yang menyebar di kaki gunung Genuk (NTT, 2000).



Gambar 2.3 Penampang skematik (tanpa skala) di sekitar Gunung Genuk dan Ujungwatu (NEWJEC, 1996).



Gambar 2.4 Peta skematik di sekitar Gunung Genuk dan Ujungwatu (NEWJEC, 1996).

Gunung Genuk memiliki tiga episode erupsi yang disebut sebagai Vulkanisme Genuk Sangat Tua, Genuk Tua, dan Genuk Muda. Sekitar 3.29 Ma, terjadi erupsi Vulkanisme Genuk Sangat Tua yang diakhiri dengan pembentukan kaldera (kaldera pertama). Aktifitas Kaldera Genuk kemudian diikuti oleh pembentukan kedua stratovolcano Genuk Tua yang bererupsi sekitar 1.65 Ma. Tidak terdapat informasi yang memadai apakah Genuk Tua diakhiri dengan kaldera kedua atau tidak, sebelum pembangunan Vulkanisme Genuk Muda dari umur 840.000 hingga 490.000 tahun yang lalu (NTT, 2000).

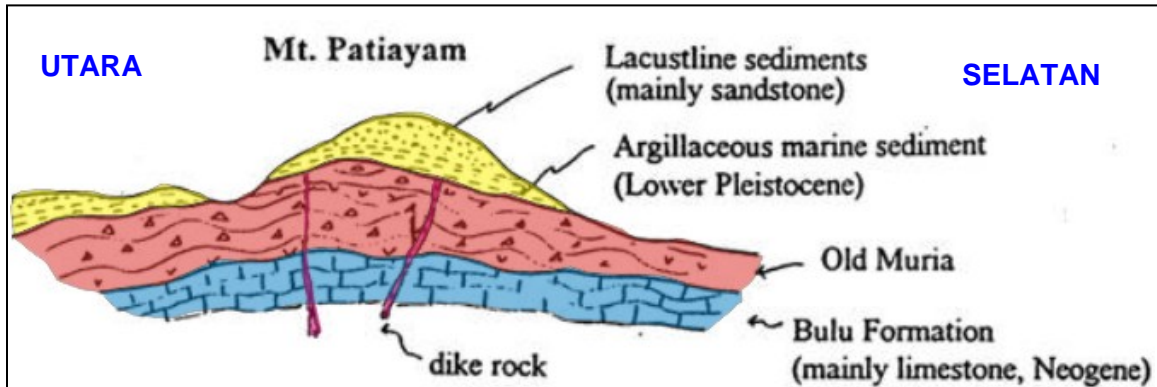
Temuan di atas menyarankan bahwa masa hidup sistem Kaldera Genuk kemungkinan pada kisaran umur 3,29 Ma hingga 1,65 Ma. Sedangkan masa hidup Genuk Muda kemungkinan 0,45 Ma (NTT, 2000).

Kehadiran kubah lava di sekitar Gunung Genuk yang berbentuk pola melingkar dan endapan vulkanik klastik kaya *pumice* Formasi Ujungwatu dianggap sebagai petunjuk terjadinya pembentukan kaldera. Bentuk kerucut dari Genuk dibangun pada tahap pembentukan dari stratovolcano tersebut, sedangkan pembentukan kaldera mencerminkan periode penghancuran dari setiap gunungapi komposit. Sehingga Kaldera Genuk, yang juga berperan pada pembentukan Formasi Ujungwatu, tentunya terbentuk setelah pembangunan *stratovolcano* Genuk Sangat Tua walaupun sejauh ini hal tersebut tidak teramati secara jelas. Satu-satunya data yang mendukung keberadaan stratovolcano Genuk Sangat Tua adalah data umur tertua dari NIRA (3.29 Ma pada NewJec Report). Permasalahan muncul di sini, apakah perubahan dari stratovolcano Genuk Tua menjadi Genuk Muda juga dipisahkan oleh pembentukan kaldera. Sehingga, terdapat tiga periode pembangunan stratovolcano Genuk, yaitu Genuk Sangat Tua, Genuk Tua, dan Genuk Muda, dan pada akhirnya suatu fasa penghancuran dari kejadian pembentukan kaldera Genuk (Formasi Ujungwatu) pada sistem kegunungapian Genuk.

### **II.2.1.3 Karakteristik Gunung Patiayam**

Tidak terdapat cukup data yang tersingkap di Gunung Patiayam sehingga menjadi pembatas untuk mempertimbangkan endapan - endapan epiklastik yang menutupi hampir seluruh bangunan Gunung Patiayam (Gambar 2.5). Walaupun demikian, studi stratigrafi

menyatakan bahwa Patiayam adalah gunungapi dengan kawah berbentuk tapal kuda di bagian tertingginya yang dapat menghasilkan material piroklastik.



Gambar 2.5 Model struktural (tanpa skala) Gunung Patiayam (NEWJEC , 1996).

Analisis K-Ar pada batuan vulkanik Patiayam memberikan kisaran umur  $0.97 \pm 0.07$  Ma and  $0.50 \pm 0.08$  Ma (Bellon, et al., 1988). Sedangkan fosil vertebrata yang diamati pada batupasir konglomerat di utara Desa Terban atau di lereng selatan Bukit Patiayam memberikan kisaran umur antara 0.4 – 0.3 Ma (NTT, 2000). Data ini menyatakan bahwa masa hidup Gunung Patiayam adalah 470.000 tahun. Dalam hal ini, informasi yang memadai untuk interval masa tenang Patiayam tidak tersedia. Namun, periode waktu dari Gunung Patiayam yang sesuai dengan data yang tersedia dapat dipergunakan sebagai interval masa tenang yang ekstrem, sehingga interval masa tenang yang ekstrem dari Gunung Patiayam sama dengan masa hidupnya.

#### II.2.1.4 Karakteristik Sistem Kegunungapian Ujung Lemah Abang

Daerah Ujung Lemah Abang ditafsirkan berhubungan dengan sistem kegunungapian Karimunjawa (NTT, 2000). Sistem kegunungapian ini menghasilkan lava dan material piroklastik yang mungkin berasal dari erupsi stratovolcano tunggal selama Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir (6.5 Ma – 1.8 Ma). Di daerah Ujung Lemah Abang endapan vulkanik terdiri atas tufa dan konglomerat. Data *core* memperlihatkan bahwa

endapan vulkanik bergantian dengan endapan pantai dan pada bagian paling bawahnya bergantian dengan sedimen gampingan Formasi Bulu.

Dua rangkaian gunungapi teramati di Karimunjawa. Pertama adalah Formasi Parang berumur  $6.5 \pm 0.03$  Ma hingga  $3.77 \pm 0.17$  Ma. Kedua, Basalt Genting berumur  $2.7 \pm 0.12$  Ma hingga  $1.8 \pm 0.27$  Ma. Sesuai dengan data tersebut maka masa hidup sistem kegunungapian Ujung Lemah Abang (ULA) – Karimunjawa adalah 4.7 juta tahun. Sedangkan, interval masa tenang ekstrem adalah 1.07 juta tahun berdasarkan margin interval batas atas Formasi Parang dan batas bawah Basalt Genting.

### **II.2.2 Evolusi Kegunungapian di Semenanjung Muria**

Sistem kegunungapian diperkirakan dimulai dengan erupsi bawah laut yang ditunjukkan oleh endapan vulkanik yang menjari dengan sedimen - sedimen kalkareous Formasi Bulu (NTT, 2000). Gunungapi bawah laut ini kemudian berkembang menjadi pulau gunungapi dan akhirnya terbentuk Gunung Genuk, Muria, dan Patiayam di Semenanjung Muria, sementara Karimunjawa tetap sebagai pulau gunungapi.

Sistem gunungapi Ujung Lemah Abang (ULA) – Karimunjawa dengan masa erupsi antara Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir (6.5 Ma – 1.8 Ma) kemungkinan merupakan *stratovolcano* tunggal yang menghasilkan lava dan material pirokalstik. Pada daerah yang lebih dekat ke laut seperti di Ujung Lemah Abang (ULA), endapan vulkanik terdiri dari tufa dan konglomerat. Data *core* menunjukkan bahwa endapan vulkanik bergantian dengan endapan pantai dan pada bagian paling bawahnya bergantian dengan sedimen kalkareous Formasi Bulu.

Pada umur sekitar 3.29 Ma, erupsi Gunung Genuk Sangat Tua jauh di bagian utara (sekitar 60 km) merupakan periode pertama pembentukan stratovolcano Genuk. Aktifitas ini diakhiri dengan pembentukan kaldera dan ekstrusi kubah lava pada jalur atau lingkaran rekahannya. Hasil dari fase penghancuran ini bersatu menjadi Formasi Ujungwatu termasuk di dalamnya kubah lava Ragas, Bako, Triwuli, Mondoliko, dan lainnya. Secara stratigrafi Formasi Ujungwatu berada di atas Formasi Bulu dan Kubah Ragas yang berumur 1.65 Ma, sehingga ditafsirkan bahwa gunungapi komposit Genuk

Sangat Tua mempunyai umur yang sama dengan bagian atas endapan gunungapi Ujung Lemah Abang (ULA) dan beberapa diantaranya menjemari dengan Formasi Bulu.

Aktifitas Kaldera Genuk kemudian diikuti oleh periode penghancuran kedua stratovolcano Genuk Tua, namun lamanya aktifitas ini tidak dapat diestimasi berkaitan dengan kurangnya data umur. Seperti yang sejauh ini telah dinyatakan bahwa tidak terdapat informasi yang jelas apakah aktifitas Genuk Tua diakhiri oleh peristiwa kaldera kedua atau tidak sebelum Genuk Muda muncul. Berdasarkan pentarikan radiometri, masa hidup Genuk Muda kemungkinan 0.84 Ma hingga 0.49 Ma (NEWJEC, 1996).

Di daerah yang sangat dekat dengan bagian selatan Gunung Genuk, *stratovolcano* Muria Tua mulai bererupsi pada umur yang kurang lebih sama dengan Gunung Genuk Tua. Hal ini kemungkinan terjadi pada generasi yang sama dengan alkalin Lasem.

### **II.2.3 Kapabilitas Kompleks Vulkanik Muria**

NTT (2000) menyatakan bahwa sistem kaldera dan stratovolcano Kompleks Muria lebih sebagai gunungapi yang tidak mampu (*non capable volcano*) dengan menggunakan beberapa kriteria, yaitu sejarah aktifitas kegunungapian, manifestasi aktivitas magmatik sekarang, analisis petrologi, struktur geologi dan aktifitas tektonik, dan masa hidup dan masa tenang internal aktifitas kegunungapian (**Tabel 2.2.**). Nilai total untuk setiap pusat erupsi gunungapi di Muria memperlihatkan persentasi nilai “N” yang tinggi baik sebagai sistem kaldera maupun sebagai sistem stratovolcano (**Tabel 2.3.**).

Tabel 2.2. Kriteria yang digunakan pada evaluasi kapabilitas Kompleks Vulkanik Muria (NTT, 2000).

NO.	CRITERIA	VOLCANIC CENTER					
		MURIA	GENUK	PATIAYAM	ULA	MAARS	DOMES
1.	Historic activity	N	N	N	N	N	N
2.	Manifestation of current magmatic activity:						
	a. seismicity	N	N	N	N	N	N
	b. gravity	N	N	N	N	N	N
	c. magnetism	N	N	N	N	N	N
	d. temperature gradient	nd	nd	nd	nd	U	nd
	e. isotopic gas						
3.	Petrology	N	N	N	N	N	N
4.	Geology structure	N	N	N	N	N	N
5.	As a caldera system (Ferrari, 1995):						
	a. average duration	N	N	nd	nd	nd	nd
	b. maximum duration	Y	Y	nd	nd	nd	nd
6.	As a caldera system (Pasquare, 1997):						
	a. average duration	N	N	nd	nd	nd	nd
	b. maximum duration	Y	N	nd	nd	nd	nd
7.	Maximum repose interval compared with present dormancy:						
	a. follow Ferrari (1995)	Y	N	nd	nd	nd	nd
	b. Pasquare (1997)	N	N	nd	nd	nd	nd
8.	As a stratovolcano system (Ferrari, 1995)						
	a. average duration	N	N	N	N	N	N
	b. maximum duration	Y	Y	Y	N	Y	Y
9.	Muria as a stratovolcano system (Pasquare, 1997)						
	a. average duration	N	N	N	N	N	N
	b. maximum duration	Y	Y	Y	N	Y	N
10.	Maximum repose interval compared with present dormancy:						
	a. follow Ferrari (1995)	N	N	N	N	N	N
	b. Pasquare (1997)	N	N	N	N	N	N

A potential volcanic hazard for a certain criteria: Y (Yes), N (No), and U (not clear)

Tabel 2.3. Total nilai relatif pusat erupsi gunungapi di Kompleks Vulkanik Muria untuk evaluasi kapabilitas (NTT, 2000).

NO.	VOLCANIC CENTER	AS A CALDERA SYSTEM				AS A STRATOVOLCANO SYSTEM			
		N	Y	U	nd	N	Y	U	nd
1.	MURIA	9	4	-	1	10	3	-	1
2.	GENUK	11	2	-	1	9	4	-	1
3.	PATAYAM	7	-	-	7	11	2	-	1
4.	ULA	7	-	-	7	13	-	-	1
5.	MAARS	7	-	1	6	10	3	1	-
6.	DOMES	7	-	-	7	12	1	-	1
	TOTAL	48	6	1	29	65	13	1	5
	PERCENTAGE	87.3	10.9	1.8	-	82.3	16.5	1.2	

A potential volcanic hazard for a certain criteria: Y (Yes), N (No), and U (not clear)

### II.2.3.1 Sejarah Aktifitas Kegunugapian

Tidak terdapat rekaman sejarah aktifitas kegunungapian Kompleks Vulkanik Muria pada katalog gunungapi dan selama umur kehidupan manusia sejauh ini (NTT, 2000). Hal ini menyarankan bahwa Kompleks Vulkanik Muria dapat diklasifikasikan sebagai gunungapi yang sedang tidur (*dormant volcano*).

### II.2.3.2 Manifestasi Aktifitas Magmatik Sekarang

Manifestasi aktifitas magmatik sekarang pada gunungapi dinyatakan dengan dasar pemantauan seismik, survei gravitasi dan magnetik, pengukuran gradien *thermal*, dan pengukuran gas isotopik.

Studi seismik temporal menggunakan pemantauan *micro-earthquake* di Kompleks Vulkanik Muria memperlihatkan tidak adanya konsentrasi episenter di bawah Kompleks Muria (NTT, 2000). Hal ini menunjukkan bahwa rekaman *micro-earthquakes* selama periode pemantauan tidak berhubungan dengan aktifitas magmatik Kompleks Muria, melainkan hanya berhubungan dengan aktifitas patahan. Tidak adanya rekaman sejarah gempabumi gunungapi di bawah Gunung Muria tidak berarti bahwa gempa tersebut tidak

akan muncul di masa mendatang. Gempabumi gunungapi biasanya muncul hanya dalam hitungan minggu atau bulan sebelum erupsi. Data yang diperoleh tersebut di atas menyatakan bahwa hasil pemantauan *micro-earthquakes* kemungkinan tidak dapat menentukan keadaan kapabilitas dari Kompleks Muria. Namun demikian, sesuai dengan data seismisitas yang tersedia, Kompleks Vulkanik Muria dapat dipertimbangkan secara aman sebagai gunungapi yang tidak mampu (*non capable volcano*).

Survei gravitasi dan magmatik menyarankan bahwa struktur patahan bawah permukaan di Kompleks Vulkanik Muria disebabkan oleh aktifitas tektonik dan tidak berhubungan dengan aktifitas kegunungapian (NTT, 2000). Hal ini menyatakan bahwa Gunung Muria dapat dipertimbangkan secara aman sebagai gunungapi yang tidak mampu (*non capable volcano*).

Gradien temperatur diukur pada sumur pemboran NTT-1 dan NTT-2 (NTT, 2000). Tujuan dari penyelidikan ini adalah untuk mengetahui kehadiran anomali panas di bawah bentuk melingkar di Desa Kelor. Hal ini berkaitan dengan pemikiran bahwa bentuk melingkar tersebut merupakan suatu maar di dekat Tapak Ujung Lemah Abang. Data pengukuran menunjukkan temperatur yang meningkat secara halus (*smooth*) kira-kira 31 hingga 42<sup>0</sup>C pada NTT-1 dan 45<sup>0</sup>C pada NTT-2 di kedalaman sekitar 25 m hingga 250 m. Gradien temperatur normal adalah 3<sup>0</sup>C/100 m, sehingga temperatur normal pada kedalaman 250 m depth lebih kecil dari 40<sup>0</sup>C. Data tersebut menunjukkan adanya anomali panas di bawah bentuk melingkar di Desa Kelor. Pengamatan lapangan terhadap *core* dari NTT-1 dan NTT-2 memperlihatkan beberapa alterasi seperti lempung putih (kaolin) dan material kloritisasi hijau (NTT, 2000). Studi lebih lanjut perlu dilakukan untuk memperoleh pengertian yang lebih baik terhadap anomali panas di daerah ini.

Kehadiran gas vulkanik yang berasal dari magma di Kompleks Muria (Gunung Muria dan Genuk) adalah salah satu kriteria untuk menilai potensi pengaktifan kembali gunungapi yang telah mengalami tidur panjang. Komposisi <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He memperlihatkan nilai dalam kisaran 6.5 dan 7.13 berturut-turut untuk empat tempat lubang (*vent*) gas yang sangat dekat dan dapat dibandingkan dengan gunungapi aktif Merapi dengan nilai sekitar 6.6 (NTT, 2000). Nilai ini dapat diartikan bahwa gas - gas dari sumber magma di Kompleks Vulkanik Muria tersebut menunjukkan pelepasan gas dari intrusi magma yang

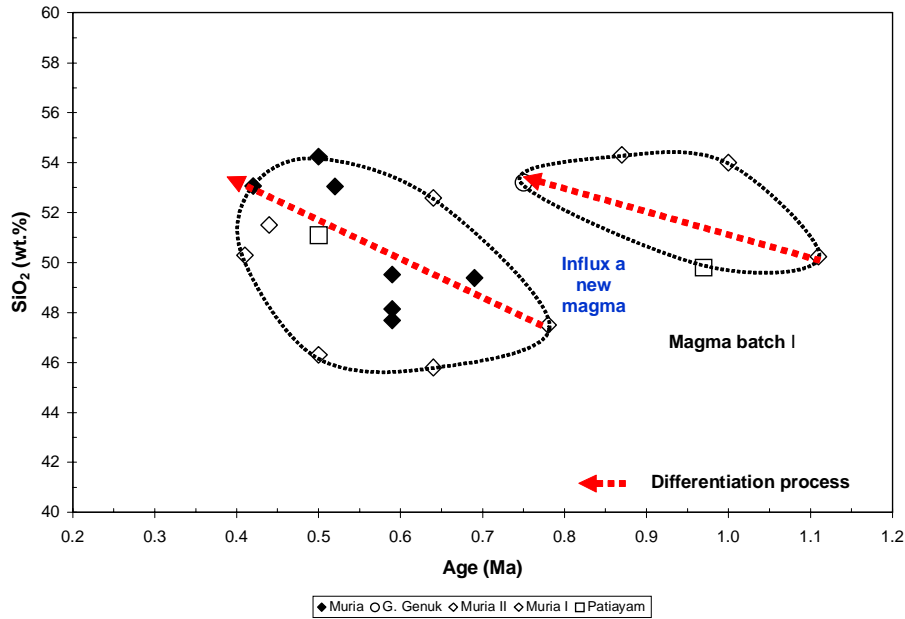


mendingin di bawah Muria masih berlangsung. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa, terutama Vulkanik Muria dan Genuk, dapat dianggap sebagai vulkanik yang berkemampuan (*capable volcano*).

### **II.2.3.3 Analisis Petrologi**

Sukhyar, dkk. (1998) menyimpulkan bahwa batuan vulkanik seri HK atau batuan vulkanik Muria Muda terbentuk pada derajat rendah dari pelelehan parsial mantel dibandingkan dengan batuan vulkanik seri K atau batuan vulkanik Muria Tua (NTT, 2000). Pola struktural di Laut Jawa yang melingkupi Kompleks Vulkanik Muria didominasi oleh sesar geser setidaknya sejak zaman Holosen (10.000 tahun). Hal - hal tersebut mengindikasikan bahwa tektonik utama yang bekerja di daerah itu pada waktu tersebut adalah rezim ekstensi. Situasi ini menjadikan lebih sulit untuk menghasilkan magma baru di masa depan sampai dengan rezim tektoniknya berubah. Dengan kata lain, Kompleks Vulkanik Muria tidak akan mengalami erupsi dalam waktu dekat di masa depan.

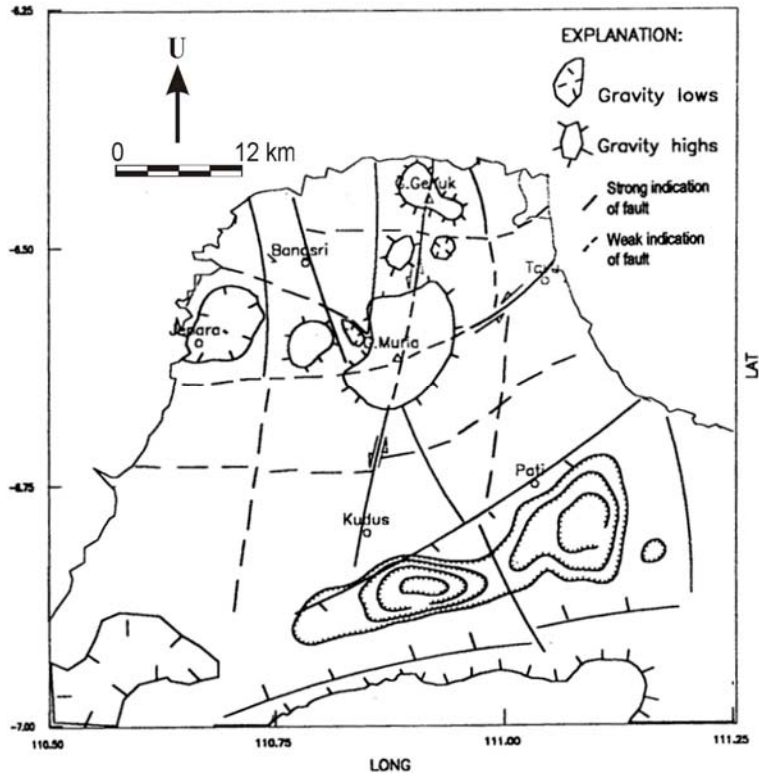
Pengeplotan  $\text{SiO}_2$  batuan vulkanik vs usia historikal dengan menggunakan data yang tersedia menunjukkan bahwa produk erupsi terakhir berasal dari diferensiasi kumpulan magma sebelumnya (Gambar 2.6). Bila tidak terdapat masukan magma baru, aktifitas erupsi Kompleks Vulkanik Muria akan berasal dari magma yang mendingin dari kumpulan magma terakhir. Peristiwa ini biasanya menyebabkan erupsi bertipe freatik bila panas dari magma yang mendingin mengalami kontak dengan air tanah. Masukan magma baru dapat dideteksi dengan pemantauan gempabumi gunungapi di bawah Vulkanik Muria. NTT (2000) menyatakan bahwa hal tersebut merupakan indikasi tidak adanya konsentrasi episenter di bawah Kompleks Vulkanik Muria. Sehingga Gunung Muria dapat dianggap sebagai gunungapi yang tidak berkemampuan (*non capable*) untuk erupsi magmatik dalam waktu dekat di masa depan.



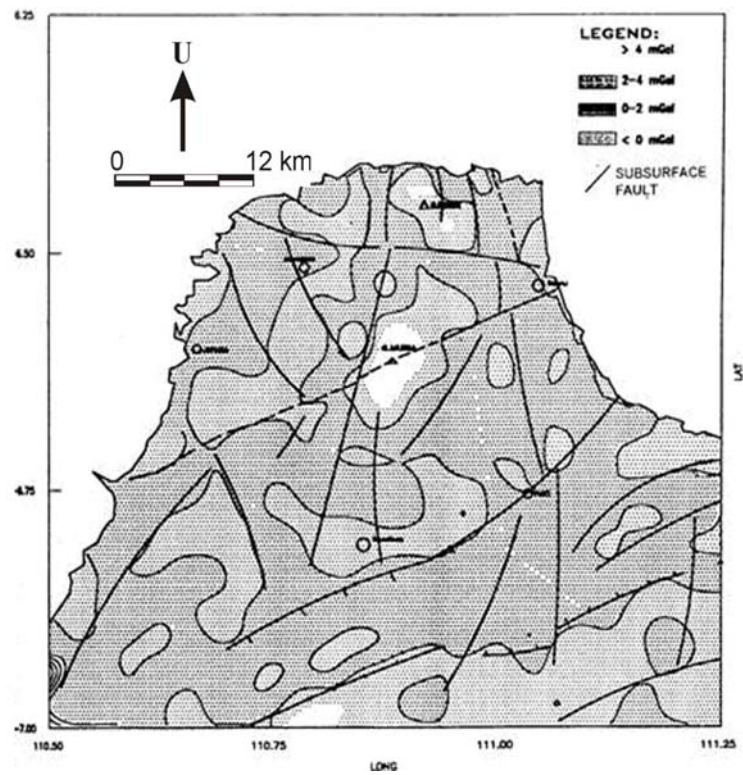
Gambar 2.6 Diagram Umur (Ma) vs. SiO<sub>2</sub> (wt.%).

#### II.2.3.4 Struktur Geologi dan Aktifitas Tektonik

Patahan - patahan diamati di daerah daratan dan lepas pantai. Di daratan, seperti Sesar Lasem, patahan berhubungan dengan gempa bumi Pati tahun 1890. Patahan - patahan di lepas pantai ditafsirkan oleh NIRA dan NEWJEC (1983). Semua patahan tersebut merupakan sesar geser (*strike slip fault*) yang berkaitan dengan aktifitas tektonik (Lubis, 1998; Puspito, 1998). Aktifitas tektonik tersebut juga didukung oleh penyelidikan geofisika (Gambar 2.7. dan 2.8). Implikasi dari pergerakan tektonik ini tidak secara langsung berkaitan dengan bencana kegunungapian tetapi mungkin berkaitan dengan gempa bumi tektonik dan tsunami yang berasal dari gempa bumi tektonik. Menurut Lubis (1998), tinggi puncak maksimum tsunami di Ujung Lemah Abang (ULA) hanya 0.51 - 0.59 m, sedangkan *run-up* maksimum berada dalam kisaran 0.81 - 0.95 m tergantung pada kondisi lokal daerah pantai.



Gambar 2.7 Peta kelurusan berdasarkan anomali Bouguer regional (NTT, 2000).



Gambar 2.8 Peta kelurusan berdasarkan anomali Bouguer residual (NTT, 2000).

### **II.2.3.5 Masa Hidup dan Masa Tenang Aktifitas Keganungapian**

Masa hidup dan masa tenang aktifitas kegunungapian ditentukan oleh studi geokronologi untuk mengetahui masa hidup dan waktu interval dari aktifitas kegunungapian. Ferrari (1995) dan Pasquare (1997) membuat database untuk penilaian kapabilitas gunungapi terutama didasarkan pada masa hidup dan interval masa tenang diantara erupsi yang berturut-turut untuk tipe-tipe gunungapi di dunia dan terutama gunungapi *potassic* di Italia. Konsep kapabilitas gunungapi diperkenalkan untuk menentukan keadaan aktif dari sistem magmatik. Penilaian kapabilitas gunungapi dimaksudkan untuk menyediakan metoda praktis evaluasi kemungkinan pengaktifan kembali suatu gunungapi yang telah diidentifikasi untuk kepentingan studi bencana gunungapi yang lebih detail.