Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 103-113

Perkembangan Geologi pada Kuarter Awal sampai Masa Sejarah di Dataran Yogyakarta

Sri Mulyaningsih[1], Sampurno[2], Yahdi Zaim[2],
Deny Juanda Puradimaja[2], Sutikno Bronto[3],
dan Darwin Alijasa Siregar[3]

Teknik Geologi IST AKRIND, Jln. Kalisahak 28 Yogyakarta, Indonesia[1]
Teknik Geologi ITB, Jln. Ganesha 10 Bandung, Indonesia[2]
Pusat Survei Geologi, Jln. Diponegoro 57 Bandung, Indonesia[3]

SARI

Pengangkatan Pegunungan Selatan pada Kala Plistosen Awal, telah membentuk Cekungan Yogyakarta. Di dalam cekungan tersebut selanjutnya berkembang aktivitas gunung api (Gunung) Merapi. Didasarkan pada data umur penarikhan ^{14}C pada endapan sinder yang tersingkap di Cepogo, aktivitas Gunung Merapi telah berlangsung sejak ±42.000 tahun yang lalu; sedangkan data penarikhan K/Ar pada lava di Gunung Bibi, aktivitas gunung api tersebut telah berlangsung sejak 0,67 jtl. Tinggian di sebelah selatan dan kemunculan kubah Gunung Merapi di sebelah utara, telah membentuk sebuah lembah datar. Bagian selatan lembah tersebut berbatasan dengan Pegunungan Selatan, dan bagian baratnya berbatasan dengan Pegunungan Kulon Progo. Kini, di lokasi-lokasi yang diduga pernah terbentuk lembah datar tersebut, tersingkap endapan lempung hitam. Lempung hitam tersebut adalah batas kontak antara batuan dasar dan endapan gunung api Gunung Merapi. Didasarkan atas data penarikhan ^{14}C pada endapan lempung hitam di Sungai Progo (Kasihan), umur lembah adalah ±16.590 hingga 470 tahun, dan di Sungai Opak (Watuadeg) berumur 6.210 tahun. Endapan lempung hitam di Sungai Opak berselingan dengan endapan Gunung Merapi. Jadi data tersebut dapat juga diinterpretasikan sebagai awal pengaruh pengendapan material Gunung Merapi terhadap wilayah ini. Di Sungai Winongo (Kalibayem) tersingkap juga endapan lempung hitam yang berselingan dengan lahar berumur 310 tahun. Jadi, aktivitas Gunung Merapi telah mempengaruhi kondisi geologi daerah ini pada ±6210 hingga ±310 tl.

Kata kunci: perkembangan, geologi, dataran, Yogyakarta, Kuarter, ^{14}C

ABSTRACT

The uplift of Southern Mountains in Early Pleistocene has formed the Yogyakarta Basin. In this basin, the Merapi volcanic activity has been developing. Based on ^{14}C dating in cinder deposits exposed at Cepogo, the volcanic activity took place since ±42 ka. While on the basis of K/Ar dating in andesitic lava at Bibi Volcano, the activity took place since 0.67 ma. The high in the south and the appearance of Merapi volcanic dome in the north had caused a flat valley. The southern part of the valley is bounded by the Southern Mountains and the western part is bounded by the West Progo Mountains. In the present time, the lithology of the areas which are interpreted as a palaeo-valley is composed of black clay deposits. This black clay is a contact between the basement rocks and Merapi volcanic deposits. The black clay deposits exposed in the Progo River (Kasihan) has been developed since ±16.59 to 0.47 ka, while in the Opak River (Watuadeg) 6210 y BP. Younger black clay deposits intersecting with lahars are also exposed at the Winongo River and have an age of 310 y BP. The age data of volcanic stratigraphy shows that Merapi activities had taken place since ±6210 up to ±310 years ago.

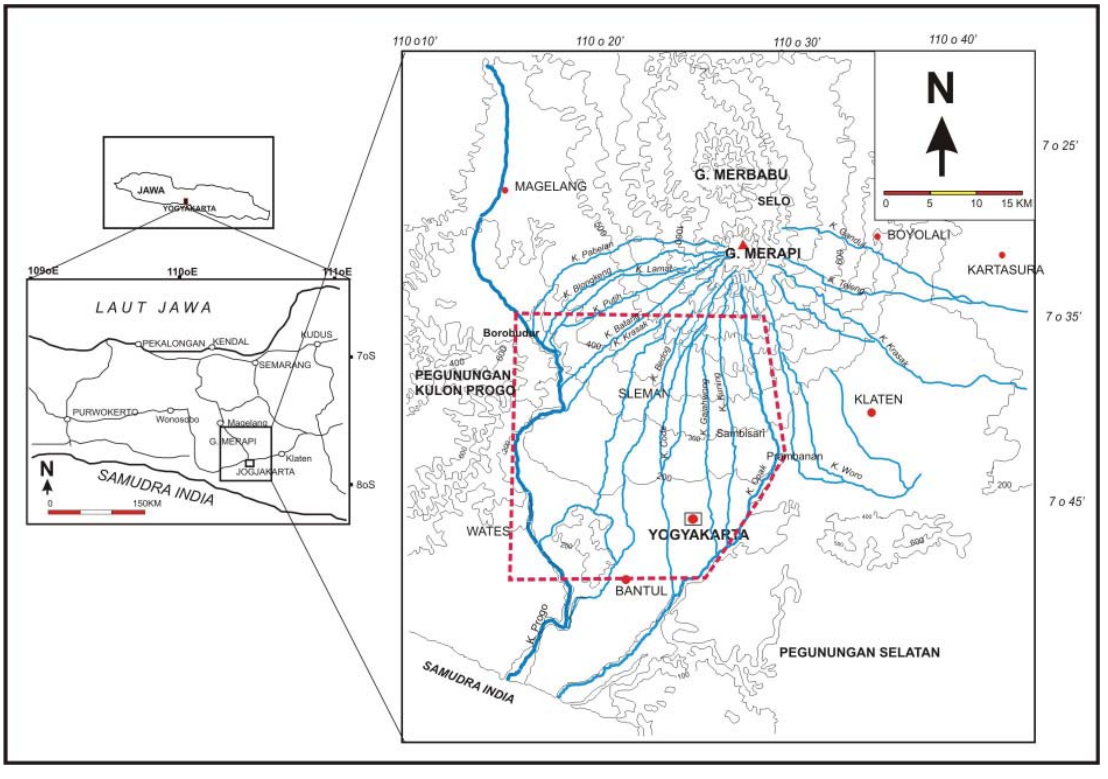
***Keywords**: development, geology, plain, Yogyakarta, Quarternary, ^{14}C*

Pendahuluan

Latar belakang penelitian ini adalah atas dasar banyaknya argumentasi yang menyebutkan bahwa dataran Yogyakarta terbentuk akibat pengangkatan Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulon Progo pada Kala Pleistosen Awal. Argumentasi tersebut pertama kali dikemukakan oleh van Bemmelen (1949), dan dibenarkan oleh Hammilton (1979), Kadar (1987), Raharjo dkk. (1977), serta diacu oleh Andreastuti (2000), Mulyaningsih (1999), Ratdomopurbo dan Andreastuti (2000), dan lain-lain. Proses tektonisme tersebut hingga kini diyakini sebagai batas umur Kuarter di wilayah ini. Menurut Raharjo (2000), setelah pengangkatan Pegunungan Selatan, terjadi genangan air (danau) di sepanjang kaki pegunungan hingga Gantiwarno dan Baturetno. Hal itu berkaitan dengan tertutupnya aliran air permukaan di sepanjang kaki pegunungan sehingga terkumpul dalam cekungan yang lebih rendah. Sayangnya, data umur batuan Kuarter yang mendukung argumentasi tersebut sangat jarang, karena lebih banyak membahas batu-batuan Tersier dan endapan-endapan Merapi berumur ±10.000 tahun hingga sekarang.

Gunung Api Merapi muncul pada 42.000 tl, namun data umur K/Ar lava andesit di Gunung Bibi, Berthomier (1990) menentukan aktivitas Gunung Merapi telah berlangsung sejak 0,67 jtl. Hipotesisnya adalah tinggian di sebelah selatan, barat daya, barat dan utara Yogyakarta, telah membentuk genangan sepanjang kaki gunung api yang berbatasan dengan Pegunungan Selatan dan Kulon Progo. Untuk membuktikan hipotesis tersebut, telah dilakukan studi stratigrafi dan penarikhan umur dengan metode ^{14}C. Data umur ^{14}C juga didukung oleh data hasil penelitian Andreastuti (2000), Murwanto (1996), Mulyaningsih (2006), dan Newhall dkk. (2000). Daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari penelitian terdahulu berhasil diketahui umur tertua endapan lempung hitam di kaki Pegunungan Menoreh, yaitu 3140 tahun (Newhall dkk., 2000), sedangkan yang paling muda berumur 310 tahun (Mulyaningsih, 2006).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian terhadap Gunung Merapi, Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulon Progo (dalam garis putus-putus).

Metode Penelitiaan

Pengukuran stratigrafi detail telah dilakukan di sepanjang daerah penelitian, terutama di tebing-tebing sungai, lokasi galian pasirbatu dan galian-galian penyelamatan candi dan pembangunan. Korelasi stratigrafi dilakukan dengan menggunakan lapisan kunci berupa paleosol (tanah purba) yang selanjutnya diuji dengan data umur ^{14}C.

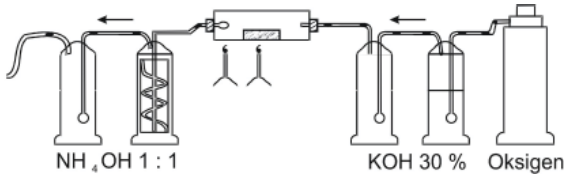
Penentuan umur dengan metode ^{14}C (karbon 14) ini merupakan metode yang telah ada sejak tahun 1951 (Stuiver, 1987). Metode ini didasarkan atas alasan bahwa proporsi ^{14}C terhadap karbon di udara relatif tidak berubah semenjak zaman purba, sehingga sisa aktivitas radioakif suatu percontoh berkolerasi dengan umur ketika percontoh tersebut mati. Umur dihitung berdasarkan pemakaian angka waktu paruh peluruhan ^{14}C. Penentuan umur dilakukan dalam bentuk gas asetilen (C_2H_2) dengan tahapan-tahapan reaksi sebagai berikut:

1. Senyawa organic + O_2 = CO_2 (g)
   Senyawa anorganik + O_2 = CO_2 (g)
2. CO_2 (g) + 2 NH_4OH (aq) = $(NH_4)2CO_3$ (aq) + H_2O
3. $(NH_4)_2CO_3$ (aq) + $CaCl_2$ (aq) = $CaCO_3$ (s) + 2 NH_4Cl (aq)
4. $CaCO_3$ (s) + HCl (l) = CO_2 (g) + $CaCl_2$ (aq) + H_2O
5. CO_2 (g) + 2 NH_4OH (aq) = $(NH_4)2CO_3$ (aq) + H_2O
6. $(NH_4)2CO_3$ (aq) + $SrCl_2$ (aq) = $SrCO_3$ (s) + $2NH_4Cl$ (aq)
7. 2 $SrCO_3$ (s) + 5 Mg (s) = SrC_2 (s) + 5 MgO (s) + SrO (s)
8. SrC_2 (s) + 2 H_2O = C_2H_2 (g) + $Sr(OH)_2$

Waktu paruh peluruhan ^{14}C adalah

$$t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A_o}{A} ;$$

dengan t= umur (tahun), $T_{1/2}$= waktu paruh ^{14}C (tahun), A= aktivitas isotop ^{14}C dalam contoh (cpm), dan Ao= aktivitas contoh ^{14}C pada saat organisme tersebut hidup (cpm). Perkiraan waktu paruh adalah 5568 tahun (data hasil pengukuran Libby, 1950). Alur kerja penarikhan ^{14}C sebagai berikut:



Gambar 2. Set alat pembentukan amonium karbonat.

1. Preparasi percontoh; pembuatan pH netral dan pengeringannya.

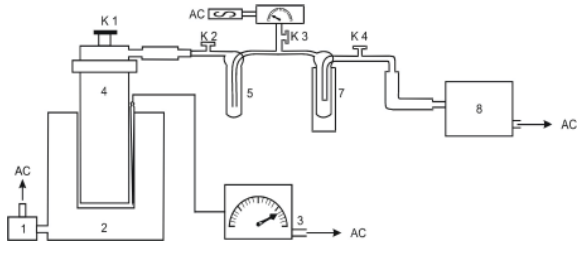
2. Pembentukan amonium karbonat $(NH_4)_2CO_3$; percontoh dicuci dan dimasukkan ke dalam tabung kuarsa yang telah dipanaskan. Ujung tabung kuarsa pertama dihubungkan dengan larutan KOH 30%, dan ujung tabung kuarsa yang kedua dengan dua labu gelas berisi larutan NH_4OH 1:1 (Gambar 2).

3. Pembentukan kalsium karbonat; larutan $(NH_4)_2CO_3$ ditambah dengan CaC_{l2} (dibuat dari 125 g CaCl dan 500 ml air suling) sehingga terbentuk endapan putih $CaCO_3$.

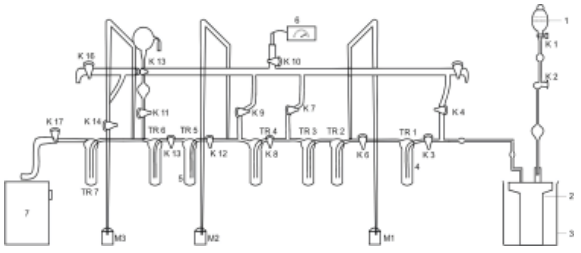
4. Pembentukan stronsium karbonat ($SrCO_3$) dan stronsium klorida; endapan $SrCO_3$ didapatkan dari substitusi $CaCO_3$ dengan Sr. $SrCO_3$ kemudian ditimbang dan dimasukkan ke dalam lumpang dengan ditambah serbuk Mg sebanyak 2/3 dari berat $SrCO_3$. Campuran tersebut digerus sampai homogen dan dimasukkan ke dalam reaktor baja yang bersih dan kering (Gambar 3).

5. Pembentukan gas asetilena; SrC_2 yang telah terbentuk dipindahkan ke dalam reaktor baja kecil yang bersih dan kering (Gambar 4).

6. Pengukuran aktivitas ^{14}C; gas asetilena dialirkan dari RBF ke detektor *Multi Anoda Anti Coincidence*. Volume gas asetilena yang masuk ke dalam detektor diukur dengan mengatur tekanan gas pada manometer. Karena pengukuran percontoh bergantung pada kepekaan detektor terhadap sinar kosmik di atmosfer, maka bilangan aktivitas isotop Radiokarbon yang terukur harus dikoreksi dengan menggunakan *background counting* (dianggap sebagai titik nol radioaktivitas pada alat).



Gambar 3. Set alat pembentukan stronsium klorida; 1. Regulator, 2. Termokopel, 3. Penunjuk suhu, 4. Reaktor baja, 5. Tabung trap (glass wool), 6. Tabung Geissler, 7. Nitrogen cair, 8. Pompa vakum.



Gambar 4. Set alat pembentukan asetilen. 1. Air bebas tritium, 2. Reaktor asetilen, 3. Penangas air, 4. Glass wool, 5. Karbon aktif, 6. Tabung Geissler, 7. Pompa vakum, 8. RBF.

Geologi Daerah Penelitian

Batuan dasar yang menyusun bagian selatan daerah penelitian adalah batupasir tuf Formasi Semilir berumur Oligosen-Miosen dan lava bantal basal yang secara stratigrafi terletak di bawah batupasir tuf. Batuan dasar di bagian barat daya-barat tersusun atas batugamping nonklastika dan batugamping-napal Formasi Sentolo, sedangkan di bagian barat tersusun atas breksi dan lava andesit Formasi Andesit Tua. Sebaran batuan dasar tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Secara tidak selaras di atas batuan dasar terdapat endapan Gunung Merapi, yang terdiri atas perselingan endapan lahar, fluvium, dan endapan awan panas (Gambar 5). Di antara batuan dasar dan endapan gunung api, di beberapa lokasi tersisipi endapan lempung hitam dalam ketebalan yang bervariasi dari 1,5-20 m.

Rekaman proses tektonisme juga sangat banyak dijumpai di dataran Yogyakarta. Diawali dari data sesar akibat pengangkatan Pegunungan Kulon Progo dan Selatan, sesar-sesar di sepanjang dataran gunung api terbentuk belakangan serta sesar-sesar minor oleh gempa-gempa tektonik yang berlangsung pada (Anonim, 2006):

- 10 Juni 1867, episentrum pada 8,7 LS & 110,8 BT; 8-9 *Modified Mercalli Intensity* (MMI)
- 27 Sept. 1937, episentrum pada 8,7 LS & 108 BT; 8 MMI
- 23 Juli 1943, episentrum pada 8,6 LS & 109,9 BT; 8 MMI
- 13 Maret 1981, episentrum pada 8,7 LS & 110,4 BT; 5,6 SR (Skala Richter)

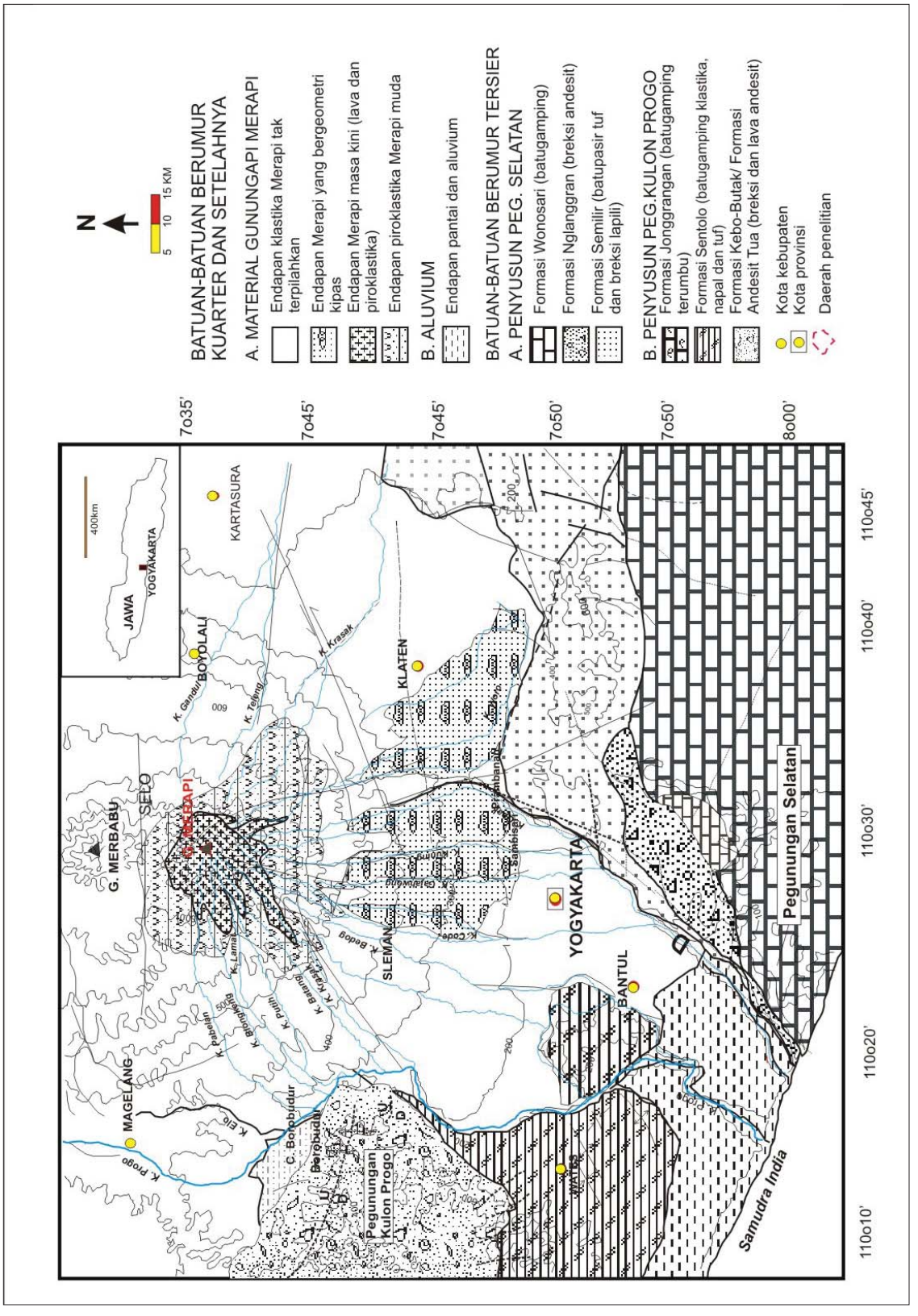
Sesar-sesar minor juga dijumpai pada tebing-tebing galian candi. Sesar tersebut didukung pula oleh kondisi keruntuhan candi yang cenderung runtuh vertikal (Jawa: *ambleg*), seperti di Candi Kedulan dan Plaosan Kidul. Dasar Candi Kedulan sebelum direnovasi menunjukkan penampakan bergelombang, sedangkan pada batu-batu di dasar Candi Plaosan Kidul (lantai halaman) terjadi perbedaan relief, miring ke barat. Sebaran candi-candi yang diduga rusak oleh proses-proses geologi (pengendapan batuan gunung api dan gempa bumi) dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil Penelitian

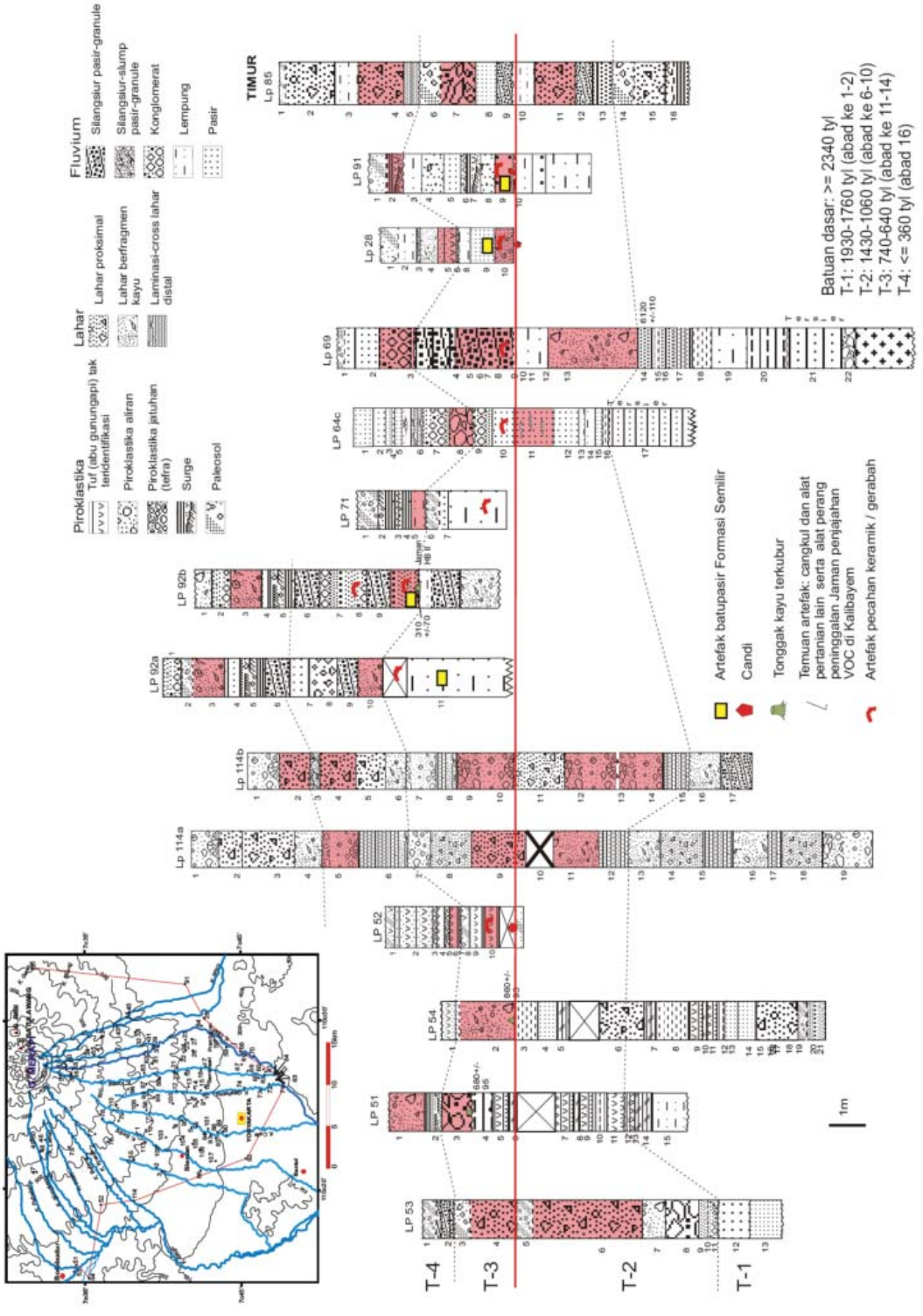
Pengukuran stratigrafi telah dilakukan di sepanjang tebing sungai, galian tanah, galian untuk pondasi, dan tebing-tebing jalan. Hasil analisis stratigrafi berhasil mengidentifikasi endapan lempung hitam sebagai sedimen genang air di daerah Borobudur, Godean, Kasihan (Wates), Kalibayem-Kasihan (Bantul), Watuadeg-Sumber, Potorono-Plered, dan Gantiwarno (Klaten). Tebal endapan tersebut bervariasi dan sebarannya sektoral, sehingga tidak dapat dikorelasikan. Hasil analisis umur dengan metode ^{14}C berhasil mengetahui umur endapan genang air tersebut 16590 tahun di Kasihan (Wates), 6210 tahun di Watuadeg, 20.000 hingga 3430 di Borobudur. Endapan yang termuda berumur 860 tahun di Borobudur, 740 tahun di Godean, 470 di Kaliduren (Sileng), dan 310 tahun di Kalibayem-Kasihan (Bantul).

Setelah hasil pengukuran stratigrafi tersebut dikorelasikan, ternyata penampang dari masing-masing lokasi tidak saling berkaitan (Gambar 6). Ke semua singkapan menunjukkan cekungan yang berbeda meskipun umurnya korelatif. Secara vertikal, bagian bawah masing-masing singkapan tersusun oleh perselingan lahar, abu gunung api, dan lempung hitam seperti yang tersingkap di Watuadeg (LP 69), Borobudur (LP 51 dan 53) dan Godean (LP 114). Makin ke atas perselingan tersebut makin didominasi oleh lahar dan beberapa di antaranya fluvium.

Komposisi stratigrafi endapan genang air di Kasihan (Wates) dan Borobudur hampir sama, yaitu perselingan antara lempung hitam dan pasir hitam lempungan kaya felspar. Di bagian bawah didomina-



Gambar 5. Peta geologi regional daerah Yogyakarta dan sekitarnya (Rahardjo dkk., 1995; Surono dkk., 1994; JICA, 1990). Penyebaran candi-candi oleh penulis.



Gambar 6. Korelasi stratigrafi di daerah penelitian pada ketinggian kurang dari 100 m dpl yang menunjukkan di beberapa lokasi secara lokal terjadi lingkungan genang air, sebelum terjadi pengeringan oleh pengendapan material gunung api G. Merapi. Garis lurus warna merah adalah garis kesamaan waktu, terletak pada paleosol ke dua dari atas, karena lapisan tersebut pelamparannya paling luas.

si oleh lempung hitam berumur 1760 tahun dan makin ke atas komposisi lempungnya makin berkurang digantikan oleh material fragmental (lahar?) yang mengandung tonggak kayu (tertanam) yang berumur 740 tahun. Di LP 92 dan 114 (Kalibayem, Bantul sampai Godean) pada bagian atas berupa lahar namun di salah satu sisi di Kalibayem berupa lempung-lanau keabu-abuan (endapan genang air: dam) berumur 310 tahun. Di Borobudur (LP 53) dan Kaliduren (Sungai Sileng: LP 54): bagian bawah tersusun oleh perlapisan lempung sangat tebal (lebih dari 6 m) yang bagian bawahnya berumur 3410 tahun (umur oleh Newhall *et al*., 2000) sedangkan di bagian atas berupa perselingan breksi (lahar) dengan lempung hitam. Tonggak kayu di atas lapisan lempung hitam-keabuan (dengan abu gunung api) diketahui berumur 860 tahun (umur oleh Murwanto, 1996). Tonggak kayu pada lapisan lempung-lanau di Mendut (Sungai Progo: LP 53) yang korelatif dengan lempung hitam tersebut diketahui berumur 710 tahun.

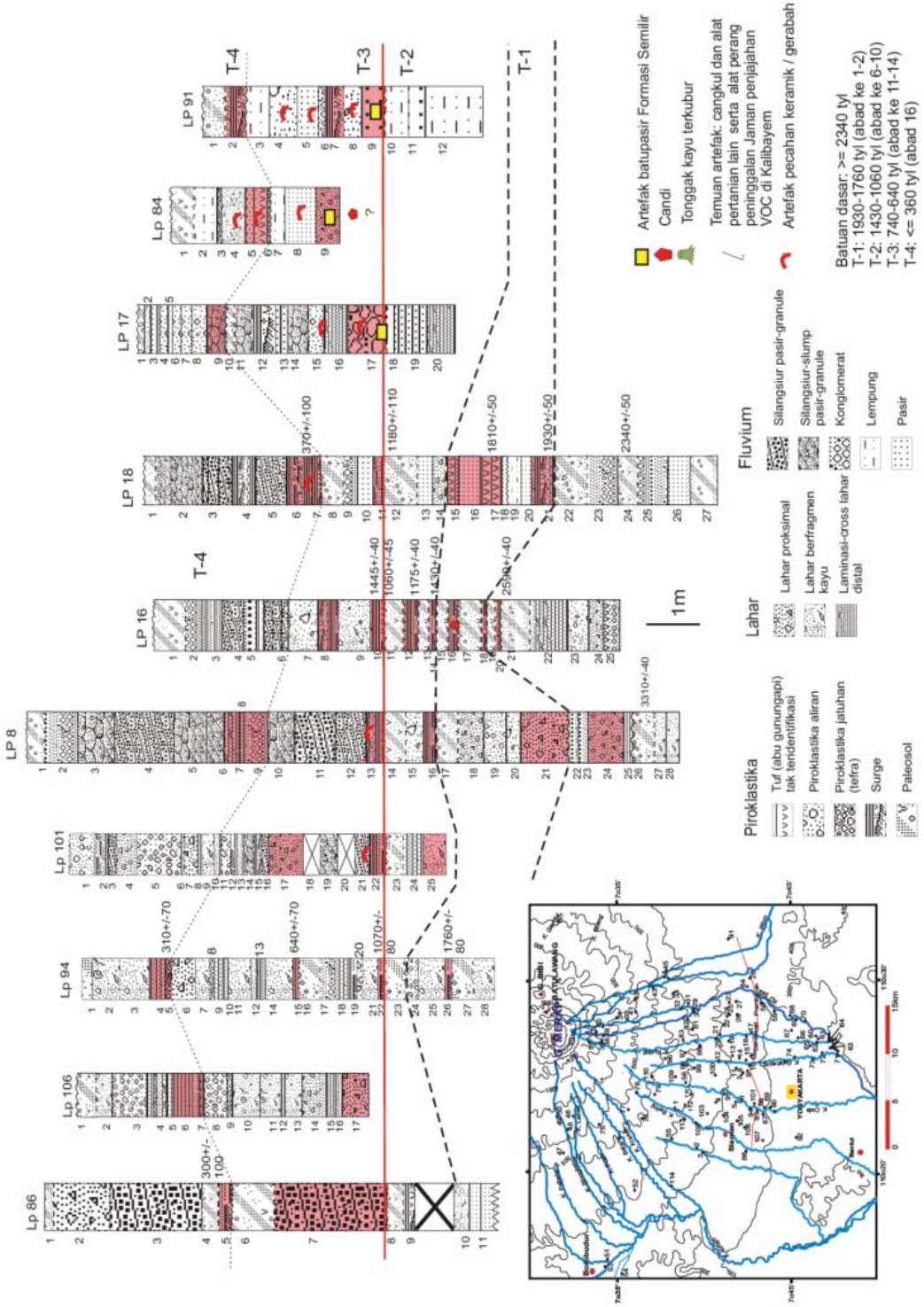
Korelasi stratigrafi pada wilayah pengendapan material gunung api yang lebih tinggi menjumpai setidaknya tiga sekuen endapan yang korelatif dengan endapan lempung hitam (Gambar 7). Ketiga sekuen tersebut masing-masing dipisahkan oleh lapisan paleosol, yang menandakan adanya selang waktu pengendapan (waktu istirahat aktivitas besar Merapi). Ketiga sekuen tersebut dari bawah ke atas berumur 1930-1760 tahun, 1430-1060 tahun, dan 740-640 tahun. Masing-masing sekuen tersusun oleh satu sampai tiga lapisan endapan gunung api yang terdiri atas abu awan panas, lahar, dan fluvium. Sebaran dan umur masing-masing endapan berbeda, sehingga dikelompokkan dalam satu periode (sekuen pengendapan).

Periode (sekuen) paling bawah tersusun oleh tiga umur endapan awan panas (endapan seruakan piroklastika) yang telah lapuk dengan kandungan arang kayu berumur 1930 tahun (LP 19). Umur tersebut merupakan umur batuan yang menumpang di atasnya, sehingga lapisan paleosol tersebut diinterpretasikan sebagai selang waktu pengendapan antara sekuen yang lebih tua (2340 tl) dan sekuen yang lebih muda (1930-1760 tl). Di lokasi yang lain (LP 18) justru dijumpai endapan abu gunung api berumur 1930 dan 1810 tahun secara berurutan (Gambar 7), namun di tempat lain (LP 94) dijumpai endapan abu dan lahar yang umurnya 1760 tahun. Begitu pula dengan sekuen di atasnya. Material berumur 1410-1430 tahun hanya dijumpai di sepanjang seputar Sungai Kuning-Tempuran (LP 6-20) atau ke selatan saja, sedangkan material berumur 1060-1180 tahun dijumpai lebih luas di seputar Sungai Opak ke barat hingga Sungai Boyong. Penyebaran sekuen berumur 740-640 tahun sangat luas (di bagian selatan-barat), namun terdiri atas tiga umur, yaitu 740-710 tahun di bagian selatan, 640-710 tahun di bagian barat daya dan 490-740 tahun di bagian barat.

Diskusi

Lingkungan lakustrin (genang air) yang berkembang di daerah penelitian berlangsung setidaknya sejak lebih dari 16.590 tl. Namun Murwanto (kom. lisan pada Januari 2006) menyebutkan bahwa endapan lempung hitam tertua yang ditemukan di Borobudur berumur 20.000 tahun pada kedalaman 20 m. Newhall *et al*. (2000) berargumentasi bahwa pembentukan genang air di Borobudur tersebut berhubungan dengan aktivitas Merapi. Lebih jauh, mereka menyebutkannya sebagai akibat proses pembendungan oleh material lahar yang mencapai hulu Sungai Krasak hingga Pabelan. Jika kondisi geologi tersebut dikorelasikan dengan aktivitas gunung api Merapi, seperti yang dikemukaan oleh Newhall *et al*. (2000), maka aktivitas eksplosif Merapi yang menghasilkan material dengan volume yang besar telah berlangsung sejak 20.000 tl. Bila genangan-genangan yang lain diinterpretasikan akibat proses geologi yang sama dengan genangan Borobudur, maka sebaran pengendapan material Merapi pada masa lalu sangat luas dan dengan volume yang sangat besar.

Perselingan antara endapan lempung hitam dan pasir hitam felspatik di lingkungan genang air, serta perselingan antara material gunung api (abu gunung api dan lahar) dengan lapisan paleosol dapat dikorelasikan dengan periode aktivitas besar Merapi. Kondisi tersebut diinterpretasikan bahwa selama waktu istirahatnya terjadi proses pelapukan di lingkungan darat dan genang air dengan sedimentasi klastika di lingkungan lakustrin. Tebal paleosol dan endapan lempung hitam dapat menunjukkan lamanya waktu istirahat tersebut, makin tebal maka waktu istirahat makin lama, dan budi daya makin berkembang tanpa kendala alam.



Gambar 7. Korelasi stratigrafi pada ketinggian 100-200 m dpl, yang menunjukkan penyebaran pengendapan material gunung api berlangsung secara lokal atau selalu terjadi perubahan arah sedimentasi.

Urut-urutan kondisi geologi tersebut adalah genang air secara lokal terbentuk di daerah Borobudur 20.000 tl dan makin meluas hingga 3410 tl. Genang air berikutnya terjadi di daerah Kasihan-Wates 16.000 tl, selanjutnya meluas ke timur hingga daerah Godean. Di Watuadeg genang air terbentuk setelahnya, yaitu 6210 tl, namun penyebarannya tidak seluas dan masanya tidak selama di daerah Kasihan-Godean dan Borobudur. Genang air di bagian timur berlangsung lebih lama karena areal tinggiannya lebih panjang dan lembah yang tertutup lebih luas hingga wilayah Gantiwarno-Rowo Jombor.

Sekitar abad ke 11-14 aktivitas Merapi meningkat menghasilkan endapan yang volumenya lebih besar. Akibatnya genang air di wilayah Borobudur, Godean dan Gantiwarno menyusut, dan makin lama makin mengering hingga 740 tl di Godean, 470 tl di Borobudur, dan sekitar abad 9-11 di Gantiwarno. Analisis umur yang lebih banyak diperlukan untuk mengetahui perkembangan genang air di wilayah Gantiwarno. Namun beberapa genang air terbentuk kembali seperti yang terjadi di Kalibayem oleh aktivitas pembangunan dam irigasi 310 tl (abad ke 17-18).

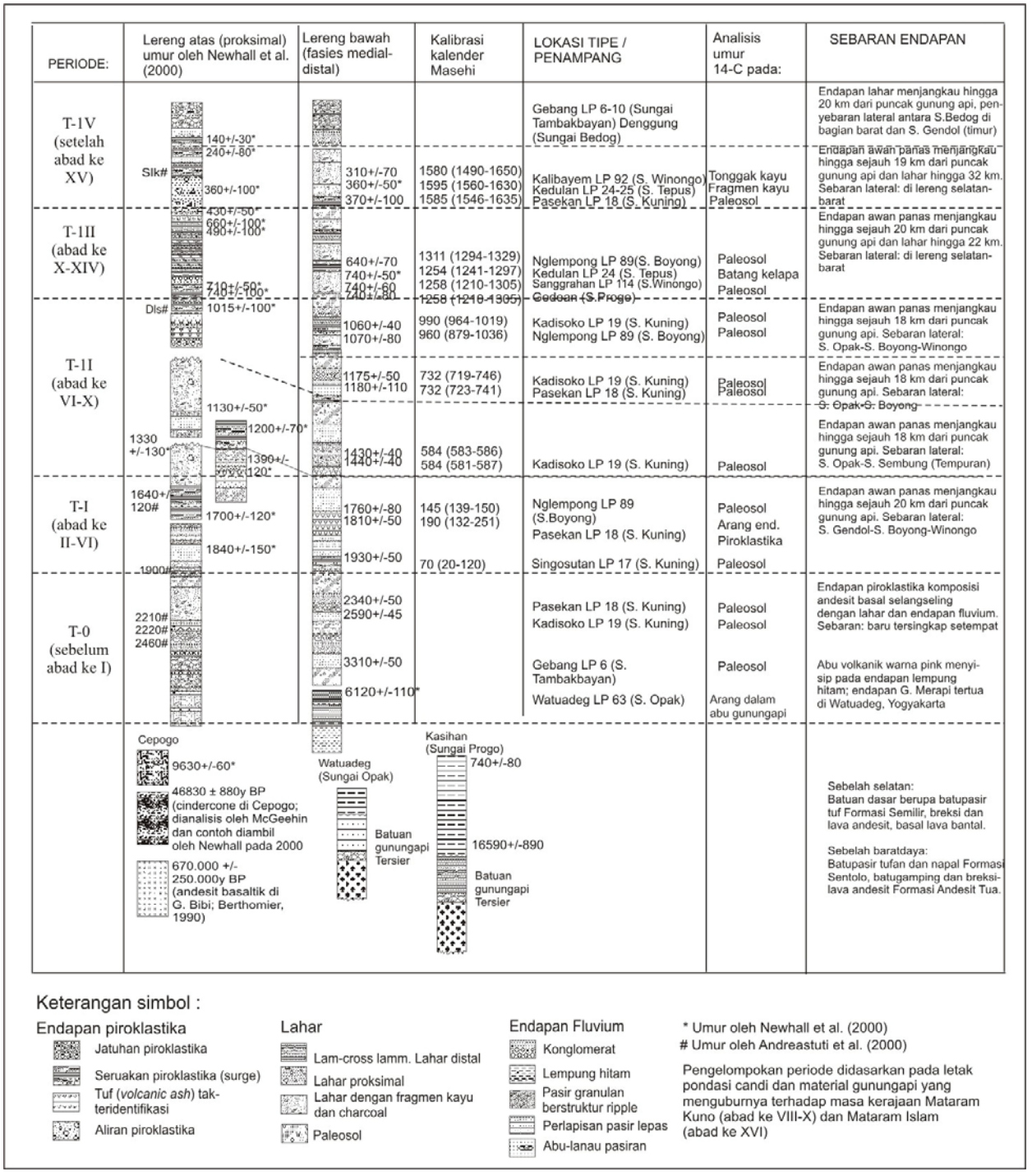
Berdasarkan hasil analisis stratigrafi gunung api pada daerah yang lebih tinggi (di hulu Merapi), berhasil diketahui masa-masa aktif Merapi tersebut berlangsung pada abad ke 1-3, abad ke 5-10, abad ke 12-15, dan abad ke 16-17 (Tabel 1). Namun pada aktivitasnya yang berlangsung pada abad ke 12-15, kebanyakan genang air telah kering sepenuhnya, kecuali sedikit di sekitar Sileng-Borobudur, yang kering 470 tl. Untuk membuktikan hubungan antara aktivitas Merapi dengan proses penggenangan tersebut, diperlukan penelitian yang lebih lanjut dan detail, terutama geokronologi dan sebaran endapannya dari data pemboran. Sedangkan proses pengeringan/pendangkalannya dapat diinterpretasikan terpengaruh oleh besarnya pasokan endapan Gunung Api Merapi, yaitu lahar dan fluvium dalam jumlah yang besar dan secara gradual.

Akhir tahun 2005 hingga Juni 2006, aktivitas Merapi menunjukkan peningkatan yang berarti. Onggokan material awan panas dari hasil aktivitasnya pada periode ini dan hasil longsoran kubah lava periode-periode aktif sebelumnya terjadi di atas tubuh gunung api, dari puncak hingga lerengnya. Volume seluruhnya kini telah melampaui 4 juta m^3. Kondisi tersebut sangat potensial terhadap longsoran dan menghasilkan lahar dalam volume yang besar. Diduga, volume endapan tersebut tidak kalah besar dibandingkan dengan volume endapan pada masa sejarah, yaitu pada abad 10-15. Penelitian dan pengamatan potensi lahar tersebut akan sangat membantu dalam merekonstruksi proses penggenangan dan/pendangkalan genangan-genangan purba di daerah penelitian, serta proses-proses perkembangan paleogeomorfologi daerah ini. Studi lahar mungkin akan dapat dilaksanakan pada sekitar bulan Nopember 2006 hingga Januari 2007. Wilayah potensial lahar diprediksi di sepanjang sungai yang berhulu di Merapi, dari timur ke barat yaitu Sungai Woro, Sungai Gendol-Opak, Sungai Kuning, dan Sungai Boyong. Potensi terbesar terjadi di sepanjang Sungai Gendol-Opak dan Woro.

Kesimpulan

Lingkungan geologi genang air dan dataran gunung api aktif telah berkembang di dataran Yogyakarta hingga kaki Pegunungan Kulon Progo dan Pegunungan Selatan. Perkembangan lingkungan geologi tersebut berhubungan dengan aktivitas gunung api Merapi sejak 20.000 tl hingga 310 tl. Sejalan dengan aktivitasnya hingga saat ini, Merapi telah mengendapkan materialnya dalam volume yang besar, mendangkalkan lingkungan genang air hingga kering, sedangkan pada dataran – kaki gunung api terjadi perkembangan paleogeomorfologi secara lokal yang secara lateral berkesinambungan. Penggenangan hingga pendangkalan berlangsung secara bertahap, dalam waktu yang lama. Selama 20.000 tahun tersebut, secara periodik terjadi penggenangan, kemudian secara tiba-tiba pendangkalan pada tiap-tiap 50-150 tahun, namun secara umum dan perlahan genang air makin menyusut. Kondisi geologi di lingkungan dataran gunung api dalam 50-150 tahun sekali terjadi pengendapan lahar dan abu gunung api, serta selama 50-150 tahun berikutnya terjadi pelapukan membentuk *soil*. Kondisi tersebut mendorong masyarakat pada masa sejarah untuk berbudi daya dan mendirikan bangunan seperti candi hingga periode bencana berikutnya.

Tabel 1. Kompilasi Stratigrafi di Daerah Penelitian



Acuan

Andreastuti, S.D., 1999. *Stratigraphy and geochemistry of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: implication for the assessment of volcanic hazard*. PhD Dissertation at University of Auckland, New Zealand, 455h.

Anonim, 2006. *Blognya.aSMaRa.html, Tanya Jawab: Gempa @ Jogja-Jateng,* 27 Mei 2006.

Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. The Hague Martinus Nijnhoff, Vol IA: h.192-194, h.197-200, h.206-207.

Berthomier, P.C., 1990. *Etude volcanoloque du Merapi (Center Java) Téphostratigraphie et chronologie-méchanismes éruptifs*. PhD thesis, University of Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 115h.

Craig, H., 1961. Mass Spectrometer Analysis of Radiocarbon Standards. *Radiocarbon*, 3, p.1-3.

Faure, G., 1986. *Principles of Isotope Geology*. Second Edition. John Wiley & Sons. h.386-404.

Hamilton, W., 1979. Tectonic of the Indonesian Regions. *United State Geological Survey. Prof. paper*, 1078h.

Kadar, D., 1986. *Neogene planctonic foraminiferal biostratigraphy of the south Central Java area, Indonesia*. Edisi pertama, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Kobayashi, H., 1974. Radiocarbon. *Radiocarbon measurement*, V, No. 3. Tokyo University, h.381-387.

Libby, WF., 1951. *Radiocarbon Dating*. University of Chicago Press. 204h.

Mulyaningsih, S., 1999. *Rekonstruksi Bencana Alam Purba Di Daerah Kalasan dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Jogjakarta*. Tesis S-2 di Jurusan Teknik Geologi, FIKTM, Institut Teknologi Bandung, 157h.

Mulyaningsih, S., 2006. *Geologi lingkungan di daerah lereng selatan Gunung api Merapi, pada waktu sejarah (Historical time)*. Disertasi di Departemen Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Pascasarjana Institut Teknologi Bandung, tidak dipublikasikan. Dengan lampiran-lampiran 365h.

Murwanto, H., 1996. *Pengaruh aktivitas Gunung Api Kuarter terhadap perkembangan lingkungan danau di daerah Borobudur dan sekitarnya*. Tesis S2, Geografi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Newhall, C.G., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N.G., Bahar, I., del Marmol, M.A., Hadisantono, R.D., Holcomb, R. T., McGeehin, J., Miksic, J.N., Rubin, M., Sayudi, S.D., Sukhyar, R., Andreastuti, S.D., Tilling, R. I., Torley, R., Trimble, D., dan Wirakusumah, A.D., 2000. 10,000 years of explosive eruptions of Merapi Volcano, Central Java: archeological and modern implications. *Journal of Volcanology And Geothermal Resources*, 100, h.9-50.

Rahardjo., W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 1977. Peta Geologi lembar Jogjakarta, Jawa skala 1:100.000, Edisi II. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung.

Rahardjo, W., 2000. Tinjauan geologi dan paleogeografi daerah dataran Gantiwarno, antara Prambanan – Klaten, Jawa Tengah. *Proceedings of Indonesian Association of Geologists, the 29th Annual Convention*, Bandung, preprint.

Ralph, E.K. dan Michael, H.N., 1971. *Dating Carbon-14 Techniques for the Archaeologist*. The M.I.T. Press. Cambridge, Mass. 48h.

Ratdomopurbo, A. dan Andreastuti, S.D., 2000. *Pengantar Gunung api Merapi*. BPPTK DIY, 44h.

Sibrava, V., 1987. Isotope Methods in Quarternary Geology, Contribution to the. Geologic Time Scale. *American Association of Petroleum Geologist*, h.165-170.

Stuiver, M., 1987. Radiocarbon Timescale Tested agains Magnetic and other Dating Methodes. *Nature*, 273, h.271-273.

Suess, H.E., 1954. Natural Radiocarbon Measurement by Acetylene Counting. *Science*, 120, h.1-3.

Suess, H., 1980. The Radiocarbon Record in Three Rings of the Last 8000 Years. *Radiocarbon*, 22, h.200-209.