

**Bangunan Sabo Dam, Fungsi dan Potensinya Sebagai Pendukung  
Geowisata Gunung Merapi*****Sabo Dam Structure, Its Function and Potency as part of Geotourism  
in the Merapi Volcano***

Moh. Dedi Munir

Balai Litbang Sabo, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Sopalan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta - Indonesia  
Naskah diterima 06 September 2017, selesai direvisi 20 Maret 2019, dan disetujui 29 April 2019  
e-mail: dedi\_munir@yahoo.com

**ABSTRAK**

Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng dan daerah khatulistiwa sehingga menyebabkan daerah ini rentan terhadap terjadinya bencana alam seperti letusan gunungapi, gempa bumi, longsor, banjir lahar dsb. Salah satu bencana yang sering terjadi adalah letusan gunungapi. Kejadian ini memiliki dampak terhadap lingkungan maupun masyarakat yang dibedakan menjadi dua yaitu dampak primer (letusan, awan panas, lava, dsb) dan dampak sekunder (bencana banjir lahar). Banjir lahar merupakan kejadian yang dijadikan fokus karena peristiwa ini terjadi dalam rentang waktu yang cukup lama yaitu dari letusan sampai dengan beberapa waktu tertentu setelah gunung tersebut meletus. Bangunan sabo dam merupakan struktur yang berfungsi sebagai bangunan penangkap sedimen debris atau lahar yang biasa ditempatkan pada sungai di gunungapi. Bangunan ini bermanfaat dalam mengendalikan lahar atau debris terutama yang terjadi disebabkan oleh hujan yang lebat. Keberadaan bangunan sabo tidak hanya berfungsi untuk mengendalikan bencana lahar tetapi juga dapat dijadikan pembelajaran ataupun studi serta masuk dalam bidang pariwisata. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memperkenalkan fungsi bangunan sabo dan mempelajari nilai bangunannya serta mengeksplorasi lingkungannya sebagai objek yang merupakan pendukung dari geowisata Gunung Merapi di Yogyakarta. Dari penelitian ini diketahui terdapat potensi yang cukup baik dari bangunan sabo sebagai pendukung dari wisata Gunung Merapi. Potensi pariwisata yang timbul tidak hanya menjadi sebuah sarana rekreasi tetapi dapat dijadikan pembelajaran bagi masyarakat terhadap bencana baik bencana letusan maupun banjir lahar.

Kata kunci: Geowisata, Gunung Merapi, Lahar, Sabo dam

**ABSTRACT**

*Indonesia is located at the subduction zone of tectonic plates and in the equatorial region which causes vulnerability to natural disasters such as volcanic eruptions, earthquakes, landslides, lahars, etc. One of the most frequent disasters is volcanic eruptions. This incident has an impact on the environment and society that are divided into two types namely primary impact (eruption, hot cloud, lava, etc.) and secondary impact (laharic flood disaster). Laharic flood is an event that is used as a focus because this event occurred within a long time span of eruption until sometime after the volcano erupted. Sabo dam structure is a building that serves as a building catcher of debris or lava sediment which commonly placed on a river in a volcano. This structure is useful in controlling lahar or debris especially caused by heavy rain. It is also used as learning or study center in the field of tourism. The purpose of this study is to*

introduce function of sabo dam structure as well as to learn its value and to explore it as an object that is part of the geotourism of the Merapi Volcano in Yogyakarta. From this study, it is known that there is a good enough potential of sabo structure as part of the volcano tourism of Merapi.

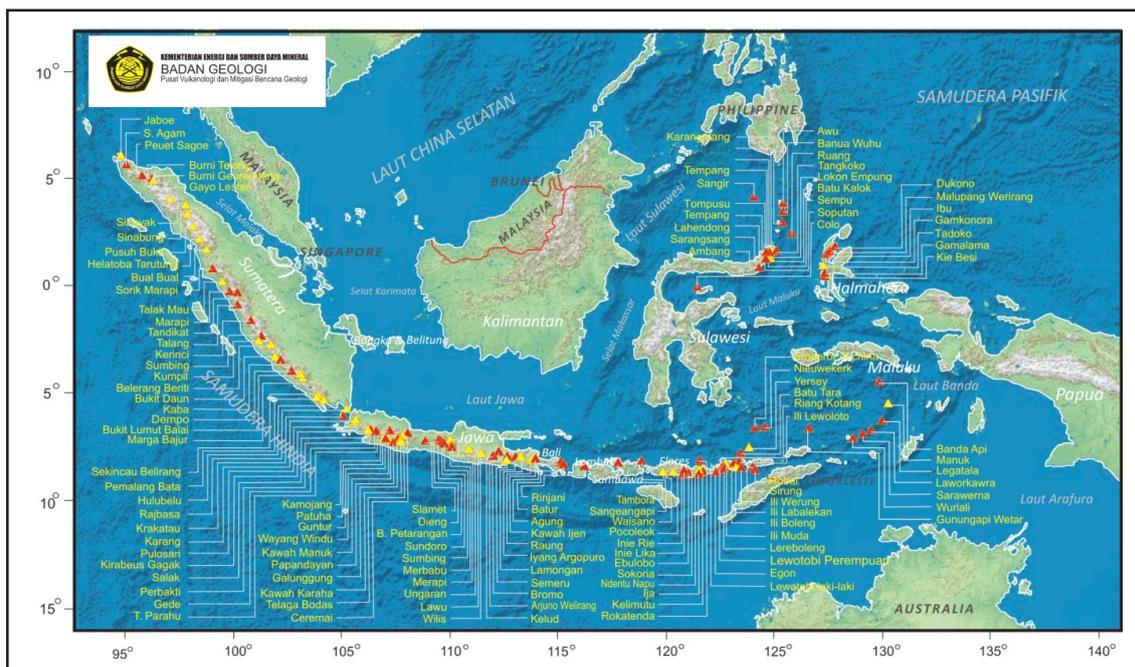
Keywords: Geotourism, Merapi Volcano, Lahar, Sabo dam

**PENDAHULUAN**

Letusan gunungapi merupakan peristiwa yang biasa terjadi sebagai kejadian alam. Peristiwa ini tidak jarang menimbulkan kerugian yang cukup banyak baik berupa kerugian harta benda maupun nyawa manusia. Beberapa kejadian letusan terkini dari gunungapi di Indonesia di antaranya adalah Gunung Agung (2017), Gunung Sinabung (2010-2017), Gunung Merapi (2010), Gunung Kelud (2014), dsb. (PVMBG, 2018). Bencana yang ditimbulkan tidak hanya terjadi secara langsung (primer) pada saat meletus tetapi juga dapat terjadi secara sekunder yaitu banjir lahar yang terjadi pada saat terjadi hujan lebat. Sabo dam merupakan bangunan pengendali aliran debris atau lahar yang dibangun melintang pada alur sungai. Prinsip kerja Bangunan sabo dam adalah pengendali sedimen dengan cara menahan, menampung dan mengalirkan material/pasir yang terbawa oleh aliran dan meloloskan air ke hilir. Keberadaan bangunan tersebut sangat bermanfaat untuk menghindari banjir lahar yang dapat mengarah dan mengancam daerah hilir.

Gunungapi tidak hanya menyebabkan terjadinya bencana tetapi ada juga berkah yang dapat diambil dari keberadaannya. Salah satu manfaat adalah gunungapi adalah mengeluarkan material yang dapat menyuburkan tanah sehingga sangat baik untuk pertanian dan perkebunan. Selain itu, kawasan gunungapi dapat dijadikan lokasi wisata baik wisata ekosistem, wisata alami, maupun geowisata (*geotourism*). Geowisata menjadi bidang wisata yang sedang dikembangkan. Pada bagian ini, terdapat beberapa objek geologi yang dijadikan lokasi geowisata seperti morfologi gunungapi, litologi batuan beku, lahar, dsb.

Bangunan sabo dam merupakan lokasi yang memiliki potensi dijadikan sebagai pendukung dari *geotourism* Gunung Merapi. Keberadaannya yang bertujuan untuk mengendalikan aliran lahar di Merapi dapat dijadikan bagian dari potensi pengembangan geowisata di lokasi tersebut. Hal ini bermanfaat sebagai lokasi rekreasi bagi masyarakat. Selain itu, pembelajaran masyarakat mengenai bencana alam terutama bencana banjir lahar dapat dikembangkan. Pengenalan yang dilakukan



Gambar 1. Persebaran Gunungapi di Indonesia (Badan Geologi, 2010)



Gambar 2. Perubahan morfologi puncak Gunung Merapi sebelum dan sesudah letusan 2010 dengan kedalaman kawah baru sedalam 200 m (Surono, drr., 2012)

terhadap masyarakat juga dapat memberi nilai positif yaitu turut peran serta masyarakat dalam menjaga bangunan tersebut. Karena, kurangnya pengenalan yang diberikan kepada masyarakat menyebabkan masyarakat setempat menjadi awam mengenai keberadaan bangunan sabo.

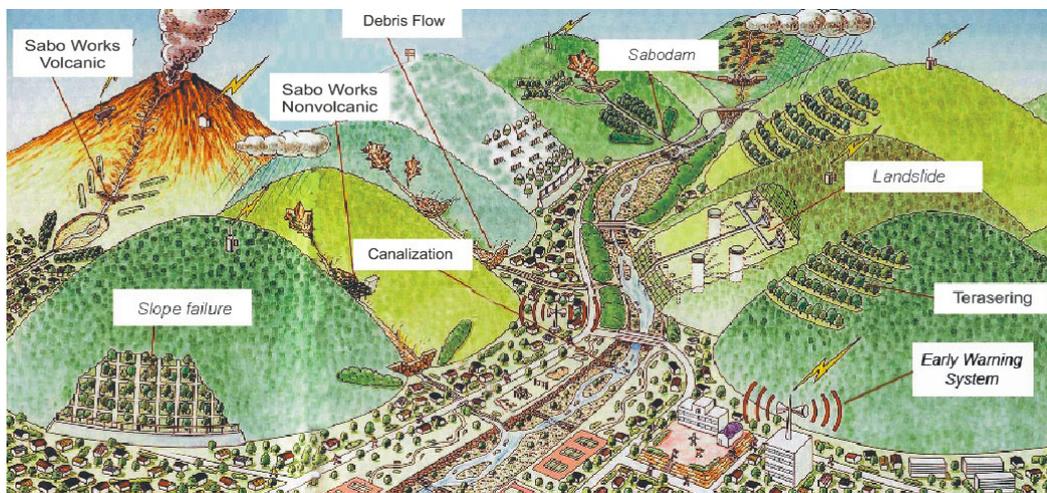
### METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan di antaranya adalah kajian *literature* mengenai *geopark* dan *geotourism* serta kajian mengenai keberadaan bangunan sabo dan fungsi keberadaannya. Survei lapangan secara rutin dilakukan pada bangunan sabo dam untuk mengetahui kondisinya serta mengidentifikasi apabila terjadi kerusakan. Identifikasi tidak hanya dilakukan terhadap bangunan sabo tetapi juga peralatan sistem peringatan dini di kawasan gunung Merapi ini. Perubahan kondisi morfologi lahar/sedimen juga dianalisa. Kegiatan yang

juga dilakukan adalah melakukan analisa dan identifikasi mengenai kondisi sedimen atau lahar yang terendapkan pada beberapa lokasi. Kajian geowisata dilakukan terhadap lokasi bangunan sabo dam ini.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

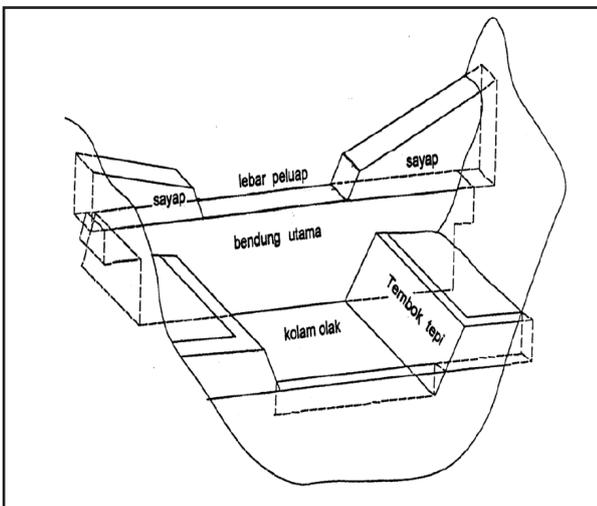
Kata “sabo” berasal dari bahasa Jepang, “sa” artinya pasir, dan “bo” artinya pencegahan/pengendalian. Pengertian secara luas, sabo adalah sistem pengendalian erosi, sedimen, lahar dingin, dan penanggulangan tanah longsor untuk melindungi kehidupan manusia dari ancaman bencana. Sistem sabo merupakan teknologi sintetis dari mekanika, teknik sipil, dan *vegetative*, konstruksi kehutanan dengan aspek konservasi lahan dan alur sungai di daerah tangkapan sungai. Namun, sabo pun tidak hanya dapat diartikan sebagai pengendali lahar/debris flow, melainkan juga memiliki lingkup di antaranya *slope failure*, *landslide*, *canalization*,



Gambar 3. Skema Bidang Balai Sabo (Sabo-international, 2012)

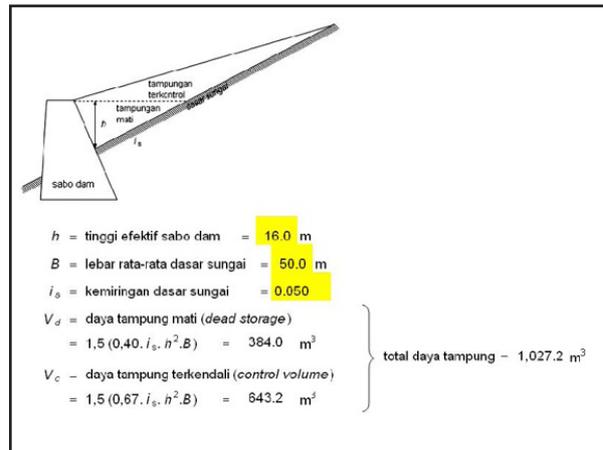
early warning system, terrace, sediment trap, dsb. Bangunan sabo sendiri bukan seluruhnya merupakan bangunan yang berupa struktur dan bersifat masif. Namun, bangunan ini juga berarti seluruh pengendalian sedimen juga masuk dalam definisi sabo ini.

Bangunan Sabo dam yang ada di Gunungapi Merapi berjumlah 264 buah dengan tipe yang berbeda-beda. Tipe untuk daerah sumber material lahar adalah sabo dam, dam konsolidasi, dan tanggul pengarah. Daerah transportasi lahar memiliki tipe bangunan sabo dam, dam konsolidasi, normalisasi sungai, dan tanggul banjir. Kantong lahar, dam konsolidasi, tanggul banjir, gronsil, dan normalisasi sungai berada pada daerah pengendapan lahar (Munir dan Djudi, 2015). Asal mula dari teknologi sabo diimplementasikan di Indonesia setelah terjadinya letusan Gunung Merapi pada 1969. Bangunan sabo dam pertama kali diperkenalkan pada 1970 oleh Tomoaki Yokota. Bangunan sabo memiliki beberapa bagian di antaranya adalah pelimpah/peluap, apron, sayap, tembok tepi, kolam olak, dan bendung utama.



Gambar 4. Bangunan Sabo dan Bangunan Pelengkap (Kementerian PU, 2012)

Perhitungan jumlah tampungan bangunan sabo dibedakan menjadi tampungan yang bersifat mati (statis) maupun yang bersifat terkendali (dinamis). Hal ini memerlukan perhitungan yang cermat termasuk dari segi kestabilan bangunan. Bangunan sabo tidak hanya berfungsi sendiri dalam sistem pengendalian lahar tetapi juga terdapat beberapa peralatan yang termasuk dalam sistem peringatan dini bencana banjir lahar yaitu pengukur tinggi



Gambar 5. Perhitungan Tampungan Statis dan Dinamis (<http://jcpoweryogyakarta.blogspot.co.id>, 2012)

muka air, penakar curah hujan, radar hujan, cctv, dsb.

Tujuan pengembangan *geotourism* sabo selain tempat rekreasi adalah perlunya pemberian pembelajaran terhadap masyarakat terhadap



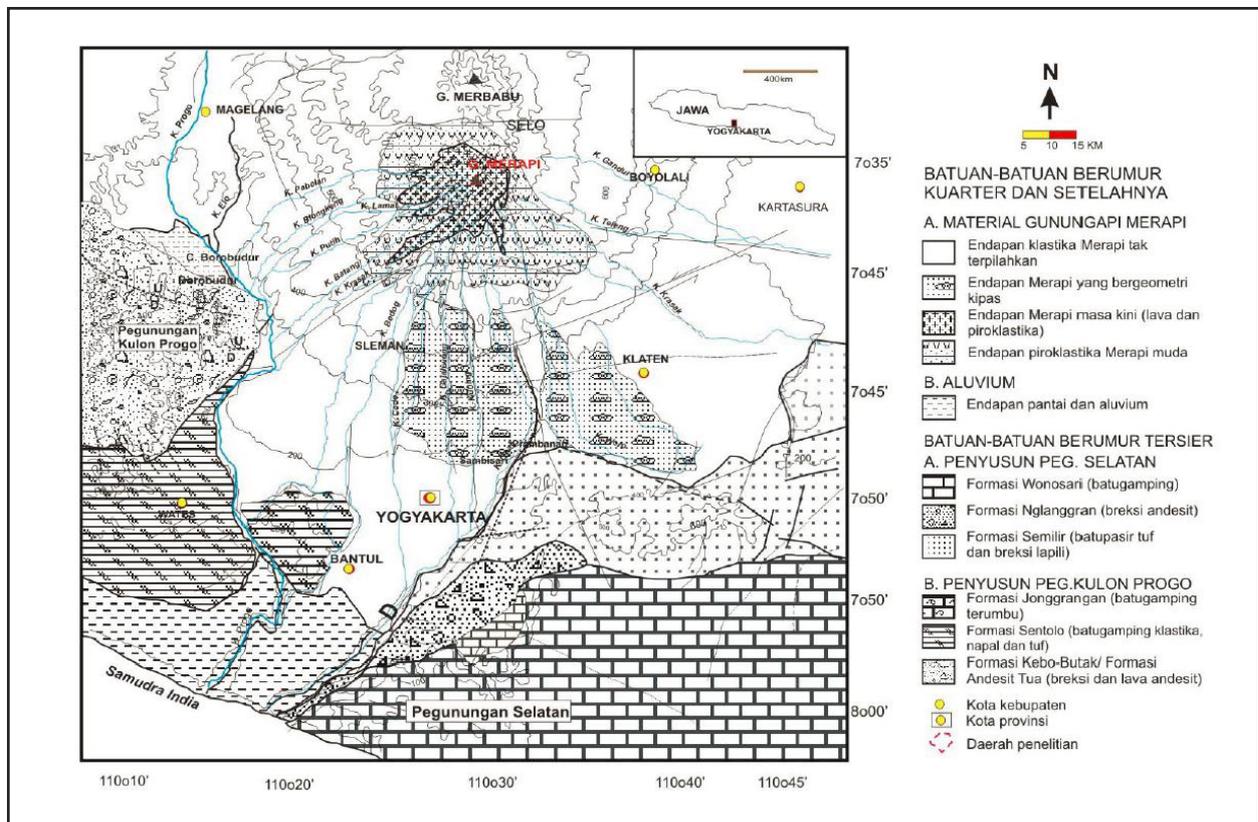
Gambar 6. Peralatan Alat Penduga Tinggi Muka Air dan Penakar Curah Hujan (Kementerian PU, 2012)

bencana yang mungkin timbul baik berupa bencana primer letusan gunungapi maupun bencana sekunder bencana banjir lahar. Pola pengendalian aliran lahar dengan sabo dam memiliki manfaat dan fungsi bervariasi. Pengendalian lahar di daerah gunungapi terbagi menjadi daerah pengendapan lahar, daerah transportasi lahar, daerah sumber material lahar, dan daerah puncak gunung. Bangunan sabo dam memiliki struktur dengan fondasi yang mengambang sehingga dalam pelaksanaannya bangunan ini harus tersusun secara seri.

Secara geologi lingkungan sabo tersusun atas satuan geologi berupa lava dan piroklastika yang merupakan Endapan Merapi masa kini yang menumpang di atas Endapan Piroklastika Merapi Muda dengan lapisan abu vulkanik. Satuan ini meliputi daerah yang cukup luas di sekitar Gunung Merapi. Daerah di sekitar Kali Putih juga tersusun atas lapisan abu yang berukuran halus dengan warna yang bervariasi dari abu-abu terang sampai coklat terang (Preece, 2014). Gunung Merapi termasuk gunungapi tipe *strato*. Selain dari bencana primer letusan gunungapi juga

memiliki potensi bencana sekunder yang disebut banjir lahar. Banjir lahar terdiri dari dua macam yaitu banjir debris dan aliran dengan konsentrasi yang tinggi (*hyperconcentrated flow*). Aliran ini mengandung sekitar 40-60% material berupa aliran massa yang nonkohesif dan bersifat lepas-lepas, memiliki gradasi yang terbalik, dengan densitas yang rendah pada bagian dasar). Selain itu, *debris flows* memiliki sekitar 60-80% berupa konsentrasi material vulkanik (Surrone, drr, Scott, 1988 dalam Surjono dan Yufianto, 2011) dalam Munir dan Djudi (2015).

Berdasarkan Dowling and Newsome (2006), *geotourism* adalah kegiatan wisata yang *sustainable* dengan fokus utama adalah bentuk atau objek geologi di lapangan. Kegiatan tersebut mempromosikan pengertian mengenai budaya dan lingkungan, apresiasi dan konservasi, dan secara lokal memberikan hasil/keuntungan. *Geotourism* juga berarti objek dan aspek geologi yang dijadikan daya tarik bagi turis selain dari fenomena kejadiannya. Saat ini di dunia terdapat 111 anggota GGN-UNESCO, yang tersebar di 29 negara termasuk Geopark Batur. Indonesia saat ini



Gambar 7. Peta Geologi Regional Yogyakarta (Raharjo drr., 1995, Surono drr., 1994, JICA, 1990)

sedang mengembangkan 7 geopark, satu anggota GGN (G. Batur), 6 geopark nasional (G. Rinjani, Pegunungan Sewu, Danau Toba, Merangin Jambi, Raja Ampat, dan Ciletuh) (Permadi, dr., 2018).

Gunungapi menjadi salah satu lokasi geowisata yang populer di Indonesia. Beberapa bagian dari gunungapi tentunya dapat menjadi objek dari geowisata seperti litologi, morfologi (gawir), struktur geologi, maupun objek lainnya. Beberapa bentuk gunungapi dapat memiliki kawah maupun kaldera yang tentunya menjadi lokasi wisata (Rachmat, 2016). Bangunan sabo dan lingkungannya diperkirakan memiliki potensi yang cukup besar dalam pengembangan bidang geowisata di Gunung Merapi. Selain sabo dam terdapat lokasi lain yang juga dapat menjadi objek seperti puncak gunung, sungai, bukit air terjun,

dataran tinggi, struktur geologi, dsb. Penilaian tentang suatu lokasi berdasarkan nilai geowisata digambarkan melalui Tabel 1 yang menjelaskan perlakuan dan nilai dari masing-masing kriteria yang ada.

Objek geologi berupa lahar dan bentang alam di daerah ini adalah suatu fenomena yang cukup menarik dijadikan objek wisata. Beberapa hal yang dijadikan objek wisata di Gunung Merapi adalah lahar *tour* untuk mengunjungi lokasi lahar dengan menggunakan kendaraan *jeep*. Kegiatan ini sebaiknya juga tetap mengindahkan faktor keselamatan dan pelestarian dari lingkungan sekitar. Namun, dari segi ilmu pengetahuan kegiatan ini belum secara maksimal memberikan pembelajaran kepada masyarakat atau wisatawan.



Gambar 8. Bangunan Sabo di Gunung Merapi (Kementerian PUPR, 2012)



Gambar 9. Wisata Lahar Tour di Gunung Merapi dan Museum Gunung Merapi (Yogyabackpacker.com, bisnis.com, 2016, Istiarto, 2013, bonvoyage.com, 2019))

Tabel 1. Kriteria Penilaian dari lokasi geowisata (Anna dan Zdzisława, 2010, berdasarkan Knapik, dr., 2009, dengan modifikasi)

Kriteria	Perlakuan	Nilai
Aksesibilitas	Lokasi terlihat dengan jelas, terletak secara jelas pada jalur alami / nature path ( <i>touristic</i> ).	5
	Lokasi terlihat dengan jelas, terletak pada sisi jalan	4
	Lokasi sedikit sukar terlihat, terletak lebih dari 250 m dari jalan terdekat	3
	Lokasi sukar untuk akses turis	2
	Lokasi tidak bias dikunjungi wisatawan/turis	1
Upaya Pelestarian	Terjaga dengan baik, tidak ada tanda-tanda kerusakan	5
	Terdapat kerusakan kecil pada objek/strukturnya	4
	Sebagian hancur	3
	Sebagian lokasi telah berubah fungsi atau dimodifikasi	2
	Objek telah mengalami kehancuran	1
Kegiatan Berbasis Ilmu pengetahuan	<i>Very high</i> , Suatu tempat yang unik untuk skala yang luas	10
	<i>High</i> , Sangat penting untuk studi regional	8
	<i>Average</i> , Penting untuk penelitian regional	6
	<i>Low</i> , Tempat biasa dengan nilai rata-rata	4
	<i>Very low</i> , Tidak ada bentuk khusus objeknya	2

Kepentingan Pendidikan	Very high, Jumlah bidang yang terwakili lebih dari 5	10
	High, Jumlah bidang yang terwakili 4	8
	Average, Jumlah bidang yang terwakili 3	6
	Low, Jumlah bidang yang terwakili 2	4
	Very low, Jumlah bidang yang terwakili 1	2

Penilaian lokasi bangunan sabo dam (sedimen lahar) secara umum terhadap nilai geowisata di Gunung Merapi dengan nilai total 22 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kriteria Penilaian Lokasi Bangunan Sabo dam sebagai Pendukung dari Geowisata Gunung Merapi

Kriteria	Perlakuan	Nilai
Aksesibilitas	Lokasi terlihat dengan jelas, terletak pada sisi jalan	4
Upaya Pelestarian	Terdapat kerusakan kecil pada objek/strukturnya	4
Kegiatan Ilmu Pengetahuan	High, Sangat penting untuk studi regional	8
Kepentingan Pendidikan	Average, Jumlah bidang yang terwakili 3	6

Aksesibilitas lingkungan sabo dam di seluruh daerah Gunung Merapi memiliki kejangkauan lokasi yang baik. Hampir seluruh bangunan sabo dam dapat terjangkau dengan kendaraan roda empat termasuk kendaraan besar yaitu truk yang mengangkut material pasir. Bahkan beberapa lokasi menjadikan bangunan sabo dam sekaligus sebagai jembatan yang menghubungkan antara daerah satu dengan daerah lain. Hal ini tentunya menjadi nilai positif tersendiri dari keberadaan bangunan sabo dam. Namun, perlu juga diketahui bahwa terdapat beberapa lokasi yang keterjangkauannya memerlukan upaya ekstra seperti menyusuri sungai atau melewati jalan setapak. Aksesibilitas yang baik tentunya menguntungkan sebagai sarana mengunjungi lokasi maupun fungsinya sebagai jalur evakuasi pada saat terjadinya bencana.

Upaya pelestarian merupakan kegiatan yang penting dilakukan untuk menjamin keberlangsungan suatu fungsi lokasi dan bangunan. Pada kegiatan bangunan sabo dam, aktivitas pelestarian ini disebut ke dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan. Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam upaya ini adalah melakukan inspeksi berkala yang dapat dijadwalkan setiap tahun untuk mengetahui kerusakan dan memahami kondisi serta fungsi

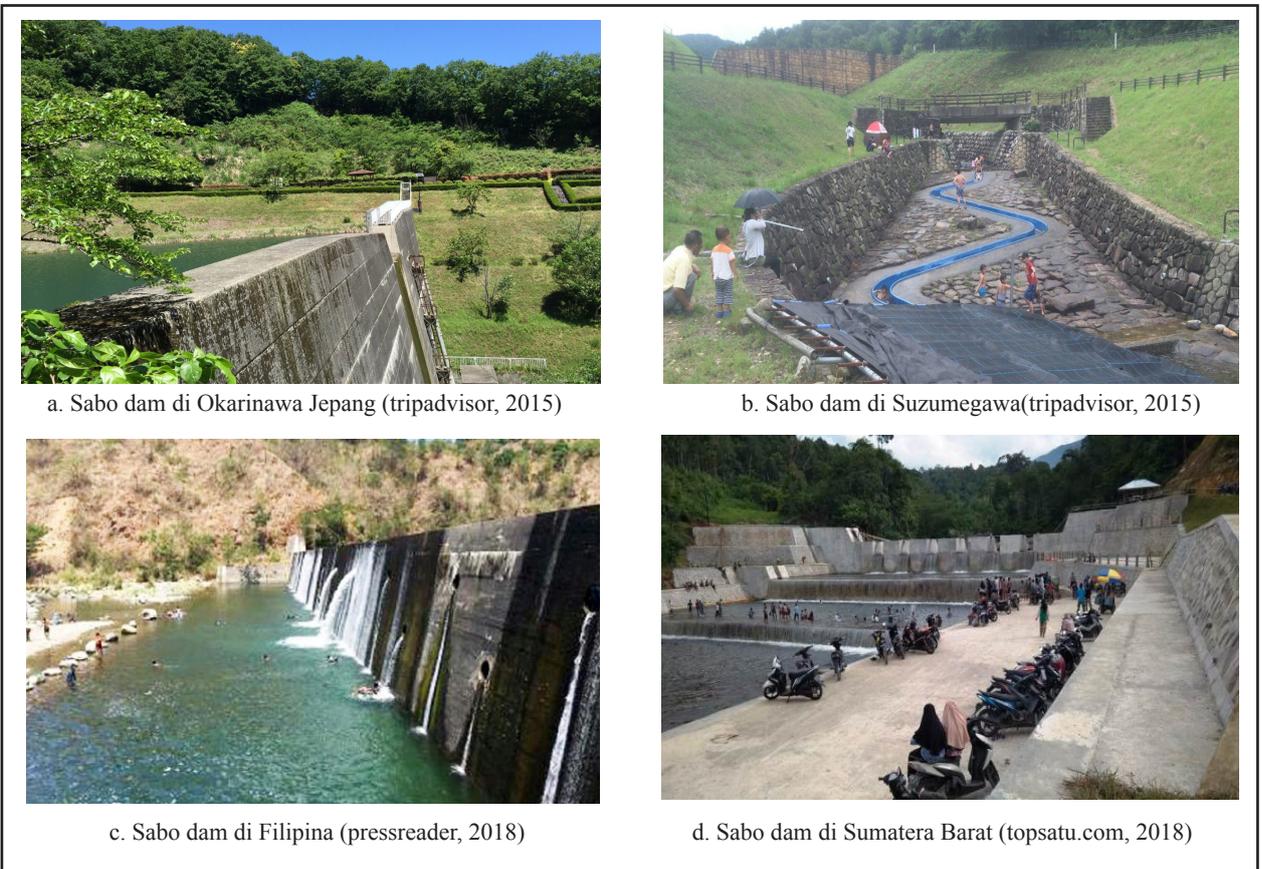
bangunan. Inspeksi berkala juga berfungsi sebagai awal sebelum renovasi mulai dilaksanakan.

Bangunan sabo dan sedimen/lahar yang terendapkan pada kriteria kegiatan ilmu pengetahuan dinilai sebagai suatu hal yang penting. Hal ini dikarenakan sabo dam dan lingkungannya dapat dijadikan pembelajaran mengenai perilaku di suatu gunungapi untuk dapat diterapkan di tempat lainnya. Bangunan sabo dan lingkungannya juga mencakup beberapa kajian atau bidang ilmu pengetahuan seperti teknik sipil, hidrologi, geologi, geoteknik, dsb.

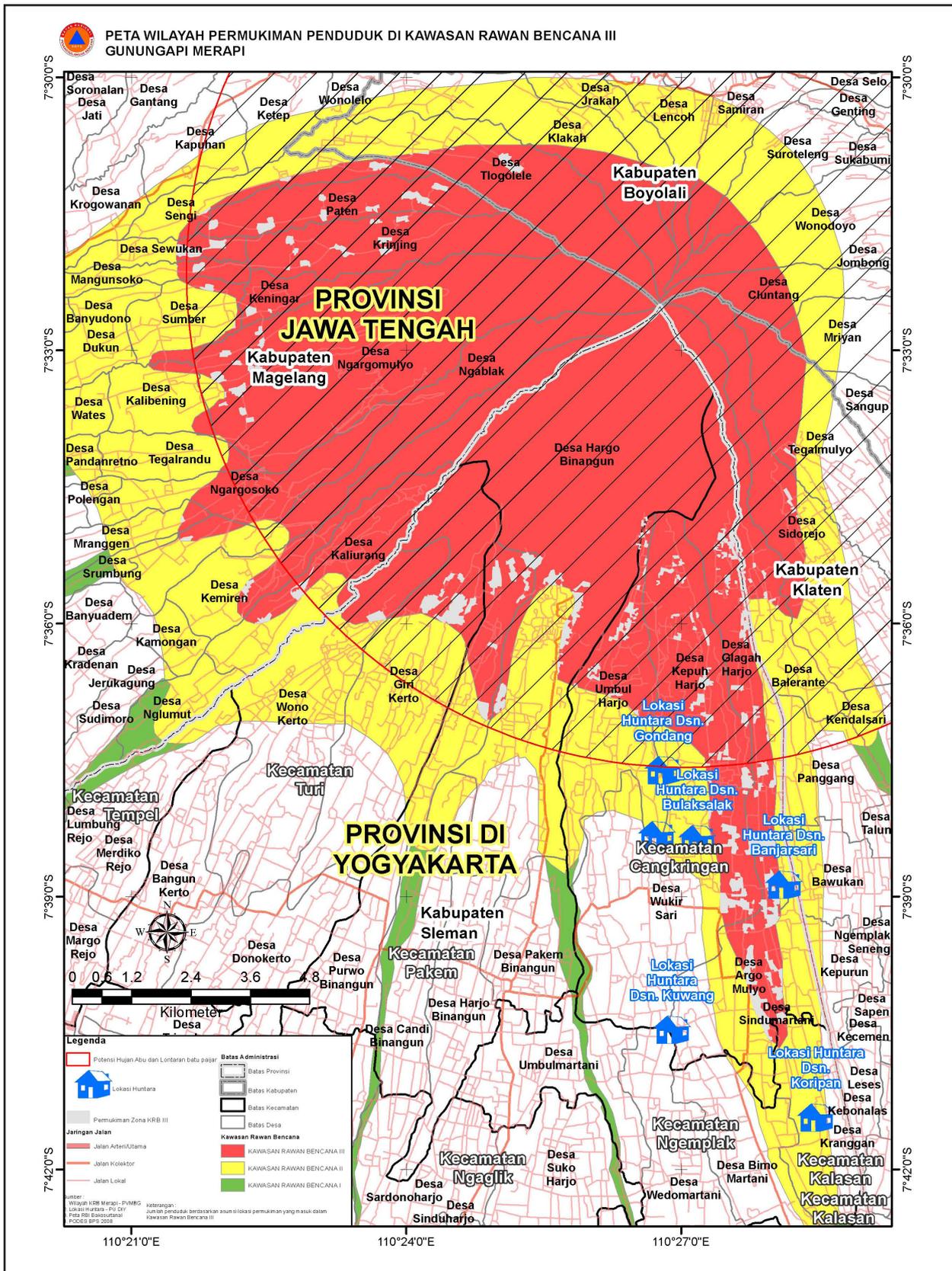
Fenomena yang terbentuk dari keberadaan sabo dam adalah morfologi lahar atau sedimen yang terendapkan pada bagian hulu dan hilirnya. Lahar atau sedimen ini memiliki ukuran yang bervariasi dari yang berukuran *boulder* besar sampai yang berukuran kecil pasir. Salah satu keuntungan lain selain sebagai pelindung bencana lahar adalah keberadaan sabo dam dapat menjadi sumber bahan galian C pasir meskipun dalam pelaksanaannya memerlukan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Pengawasan juga diperlukan agar pengerukan pasir tidak mengganggu kestabilan dari bangunan sabo dam.



Gambar 10. Kenampakan Bangunan Sabo dam dan Endapan Lahar (Balai Sabo 2016, Pemkab Sleman, 2018)



Gambar 11. Lokasi Taman dan Tempat Bermain di Sabo dam



Gambar 12. Peta Wilayah Permukiman Penduduk di Kawasan Rawan Bencana III Gunung Merapi (BNPB, 2010)

Beberapa hal yang dapat atau sudah dikembangkan dari lokasi sekitar sabo dam adalah lokasi pemandangan yang masih sangat alami dan merupakan pemandangan yang khas di daerah gunung. Beberapa hal adalah aktivitas luar (*outdoor*) seperti *camping*, *outbond* di sekitar bangunan sabo dam juga telah dikembangkan tetapi perlu juga ditingkatkan. Pengadaan tempat makan juga menjadi daya tarik yang dapat dikembangkan pada sekitar kawasan ini. Kawasan sabo dam untuk tujuan wisata telah dikembangkan terutama di Jepang seperti di lokasi Okariyama Sabo dam *park* berupa taman bermain air untuk keluarga. Sabo dam ini akan menarik wisatawan yang peduli terhadap manajemen bencana sekaligus mencari lokasi yang dekat dengan suasana alami di pegunungan.

Beberapa motivasi yang muncul dalam rangka mengunjungi kawasan daerah gunungapi di antaranya adalah untuk tujuan rekreasi seperti kegiatan mengunjungi lokasi pemandangan indah, fotografi, keingintahuan, dan mengumpulkan batu sebagai koleksi. Selain itu, kunjungan untuk tujuan studi biasanya adalah kunjungan lapangan, penelitian, *study tour*, dan pemetaan.

Daerah Indonesia yang terkenal dengan kawasan geowisata adalah Geopark Gunung Rinjani. Geopark Rinjani telah ditetapkan sebanyak 22 situs geologi (*geosites*), 8 situs biologi, 17 situs budaya. Sejak 2014, kawasan ini sedang diproses untuk menjadi geopark dunia atau UNESCO Global Geopark (UGG) (Permadi, drr., 2018). Tentunya kawasan geologi dapat memiliki beberapa situs yang dijadikan kawasan wisata baik itu situs geologi, situs biologi, dan situs budaya. Pengembangan situs-situs ini tentunya memerlukan studi lebih lanjut dan perencanaan yang baik.

Daerah geowisata daerah Gunungapi Merapi diperkenankan untuk dikunjungi hanya pada saat tidak terjadi aktivitas yang meningkat maupun saat terdapat peringatan bencana banjir lahar dari sungai-sungai yang bermuara di Gunungapi Merapi. Hal ini didasarkan pada wilayah permukiman penduduk di Kawasan Rawan Bencana III yang dikeluarkan oleh BNPB (gambar 12). Sistem komunikasi tentang adanya bencana baik primer maupun sekunder telah dikembangkan via radio *handy talkie* oleh komunitas masyarakat peduli bencana Gunungapi Merapi.

## KESIMPULAN

Bangunan sabo dam dan lingkungannya memiliki potensi yang besar sebagai pendukung dari geowisata di Gunung Merapi. Diharapkan dengan adanya ide untuk mengeksplorasi lokasi sabo dam sebagai lokasi geowisata, pengetahuan mengenai sabo dam dan fungsinya dapat dikenal oleh masyarakat. Hal ini juga dapat menjadi pembelajaran mengenai fungsi bangunan sabo dam dan pada umumnya pendidikan bencana banjir lahar terhadap masyarakat seraya munculnya peran serta masyarakat untuk terus menjaga bangunan sabo dam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada segenap rekan karyawan-karyawati Balai Sabo yang ikut membantu serta berperan dalam terselesainya tulisan ini. Apresiasi juga diberikan untuk rekan-rekan fungsional yang membantu merealisasikan terselesainya studi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anna, S., Zdzisława, J., 2010. *Geoheritage and Geotourism Potential of the Strzelin Hills (Sudetic Foreland, SW Poland)*. Geographica Pannonica.
- Balai Sabo, 2016. *Laporan Layanan Teknis Gunungapi Merapi tahun 2016*. Puslitbang SDA, Kementerian PUPR (tidak dipublikasikan).
- Kementerian PUPR, 2012. *Bangunan Sabodam sebagai Pengendali Lahar*. <http://litbang.pu.go.id/berita/view/1267/dam-sabo-solusi-pengendalian-banjir-lahar> (diakses 26 Februari 2019).
- Kementerian ESDM, 2015. *Peta Sebaran Gunungapi di Indonesia*. Badan Geologi, Kementerian ESDM, Bandung. <http://merapi.bgl.esdm.go.id/pub/page.php?idx=122> (diakses 26 Februari 2019).
- Knapik, R., Sobczyk, A., Aleksandrowski, P. 2007. *Karkonoski Park Narodowy – proponowany obszar ochrony georóżnorodności w Europejskiej Sieci Geoparków*. In. Śtrusa J., Knapik R. (eds.), *Geoekologicke problémy Arkono, Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou. Opera Corcontica 44, 2, 585–592*.

- Munir, M., D., Djudi, 2015. Balai Sabo, Seminar Nasional Kebumihan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pemkabsleman, 2018. <http://mgm.slemankab.go.id/sabo-dam-penanggulangan-lahar-merapi> (diakses 2 Februari 2019).
- PVMBG, 2018. *Kejadian Gerakan Tanah di Indonesia*. <http://pvmbg.geologi.esdm.go.id/index.php/gerakan-tanah/kejadian-gerakan-tanah> (diakses 26 Februari 2019).
- Preece, K., J., 2014. *Transitions between effusive and explosive activity at Merapi volcano, Indonesia: a volcanological and petrological study of the 2006 and 2010 eruptions*
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H. M. D., 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Rachmat, Heryadi. 2016. "Rinjani Dari Evolusi Kaldera hingga Geopark". *Geomagz Vol. 6 No.1*. Badan Geologi, Kementrian Energi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Sabo International, 2012. Skema Pengendalian Bencana Sedimen dengan Bangunan Sabo. <http://www.sabo-int.org/index.html> (diakses 26 Februari 2019).
- Surjono, S., S., Yufianto, A., 2011. "Geo-disaster Laharic Flow along Putih River, Central Java, Indonesia". *Journal of South East Asian Applied Geology (pp)* 103-110.
- Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M.F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., Lavigne, F., 2012. "The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano – A '100-year' event". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 241-242, 121-135.