

BANGUNAN SABO DAM, FUNGSI DAN POTENSINYA SEBAGAI PENDUKUNG GEOWISATA GUNUNG SEMERU

Teguh Manungku Susatya¹, Annisa Kesya Garside²

² Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang (TNR 9)

Kontak Person :
Teguh Manungku Susatya
Jalan Raya Tlogomas No.246, Tlogomas, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144,
E-mail : teguh.msusatya@gmail.com

Abstrak

Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng dan daerah khatulistiwa sehingga menyebabkan daerah ini rentan terhadap terjadinya bencana alam seperti letusan gunung api, gempa bumi, tanah longsor, banjir lahar dsb. Salah satu bencana yang sering terjadi adalah letusan gunung api. 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 untuk sebagai bangunan penangkap sedimen debris atau lahar yang biasa ditempatkan pada sungai di gunung berapi. Bangunan ini bermanfaat dalam mengendalikan lahar atau debris terutama yang terjadi disebabkan oleh hujan curah hujan yang tinggi. Keberadaan sabo tidak hanya berfungsi untuk pengendalian bencana banjir lahar tetapi juga dijadikan pembelajaran ataupun studi serta masuk dalam bidang pariwisata. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memperkenalkan fungsi bangunan sabo dam dan mempelajari nilai bangunannya serta mengeksplorasi lingkungannya sebagai obyek yang merupakan pendukung dari geowisata Gunung Semeru di Lumajang. Dari penelitian ini akan diketahui terdapat potensi yang cukup baik dari bangunan sabo sebagai pendukung dari wisata Gunung Semeru. Potensi pariwisata yang timbul tidak hanya menjadi sebuah sarana rekreasi tetapi juga dapat dijadikan sarana pembelajaran bagi masyarakat terhadap bencana baik bencana letusan maupun banjir lahar.

Kata kunci : Sabo Dam, Lahar, Geowisata, Gunung Semeru

1. Pendahuluan

Letusan gunung api merupakan peristiwa yang biasa terjadi sebagai kejadian alam. Peristiwa ini tidak jarang dapat menimbulkan kerugian yang cukup banyak baik berupa kerugian harta benda maupun nyawa manusia. Beberapa kejadian letusan terkini dari gunung api di Indonesia diantaranya adalah Gunung Agung (2017), Gunung Sinabung (2010-2017), Gunung Semeru (2010), Gunung Kelud (2014), dsb. [1] Bencana yang ditimbulkan tidak hanya terjadi secara langsung 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. Gunung api tidak hanya menyebabkan terjadinya bencana tetapi ada juga berkah yang dapat diambil dari keberadaannya[2]. Salah satu manfaat gunung api adalah mengeluarkan material yang dapat menyuburkan tanah sehingga sangat baik untuk pertanian dan perkebunan. Selain itu, kawasan gunung api dapat dijadikan lokasi wisata baik wisata ekosistem, wisata alami, maupun wisata geowisata (*geotourism*). Geowisata menjadi bidang wisata yang sedang dikembangkan. Pada bagian ini, terdapat beberapa objek geologi yang dijadikan lokasi geowisata seperti morfologi gunung api, litologi batuan beku, lahar, dsb. Bangunan sabo dam merupakan lokasi yang memiliki potensi dijadikan sebagai pendukung dari *geotourism* Gunung Semeru. Keberadaannya yang bertujuan untuk mengendalikan aliran lahar di Gunung Semeru 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 terhadap masyarakat juga dapat memberi nilai positif yaitu turut peran serta masyarakat dalam menjaga bangunan tersebut. Karena, kurangnya pengenalan yang diberikan kepada masyarakat setempat menjadi awam mengenai keberadaan bangunan sabo.



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

2. 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 api tersebut. Perubahan kondisi morfologi lahar/sedimen juga dianalisis. Kegiatan yang juga dilakukan adalah melakukan analisis dan identifikasi mengenai kondisi sedimen atau lahar yang terendapkan pada beberapa lokasi. Kajian geowisata dilakukan terhadap lokasi bangunan sabo dam ini.



Gambar 2. Perubahan morfologi puncak Gunung api Semeru sebelum dan sesudah letusan dengan kedalaman kawah baru sedalam 200 m (Surono, Dr. 2012)

3. Hasil dan Pembahasan

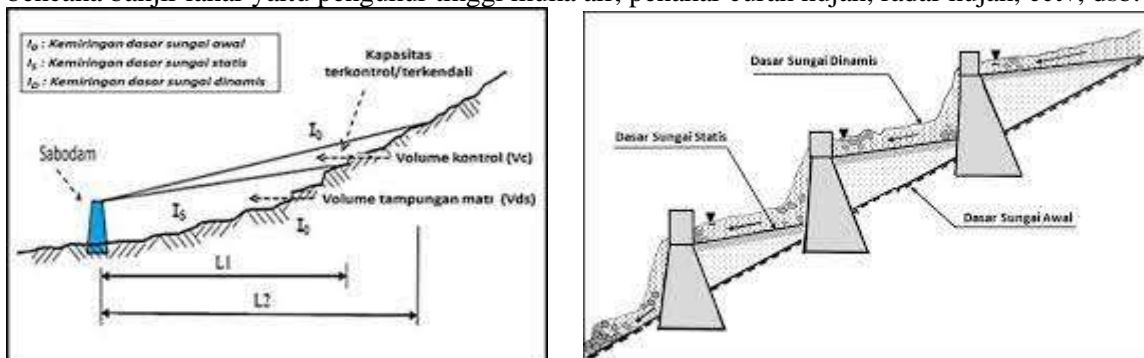
Kata “sabo” berasal dari bahasa Jepang, “sa” artinya pasir, dan “bo” artinya pencegahan/pengendalian. Pengertian secara luas, sabo adalah sistem pengendalian erosi, sedimen, lahar dingin, dan penanggulangan tanah longsor untuk melindungi kehidupan manusia dari ancaman kebencanaan. Sistem sabo merupakan teknologi sintesis 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*, *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 Gunung Semeru berjumlah lebih dari 30 buah dengan tipe yang berbeda-beda. Tipe untuk daerah sumber material lahar adalah sabo dam, dam konsolidasi, normalisasi sungai, dan tanggul pengarah. Daerah transportasi lahar memiliki tipe bangunan sabo dam, dam konsolidasi, normalisasi sungai, dan tanggul banjir. Kantong lahar, dam konsolidasi, tanggul banjir, groundsil, dan normalisasi sungai berada pada daerah pengendapan lahar[3]. Asal mula teknologi sabo diimplementasikan di Indonesia setelah terjadinya letusan Gunung Semeru pada tahun 1969. Bangunan sabo dam pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970 oleh Tomoaki Yokota. Bangunan sabo memiliki beberapa bagian diantaranya adalah pelimpah/peluap, *appron*, syap, tembok tepi, kolam olak, dan bendung utama.



Gambar 3. Bangunan Sabo dan Bangunan Pelengkap (Kementerian PU, 2021)

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 pengendali lahar tetapi juga terdapat beberapa peralatan yang termasuk dalam sistem peringatan dini bencana banjir lahar yaitu pengukur tinggi muka air, penakar curah hujan, radar hujan, cctv, dsb.



Gambar 4. Perhitungan Tampungan Statis dan Dinamis

Tujuan pengembangan *geotourism* sabo selain tempat rekreasi adalah perlunya pemberian pembelajaran terhadap masyarakat terhadap bencana yang mungkin timbul, baik berupa bencana primer letusan gunung api maupun bencana sekunder bencana banjir lahar. Pola pengendalian aliran lahar dengan sabo dam memiliki manfaat dan fungsi bervariasi. Pengendalian lahar di daerah gunung api terbagi menjadi daerah pengendapan lahar, daerah transportasi lahar, daerah sumber material lahar, dan

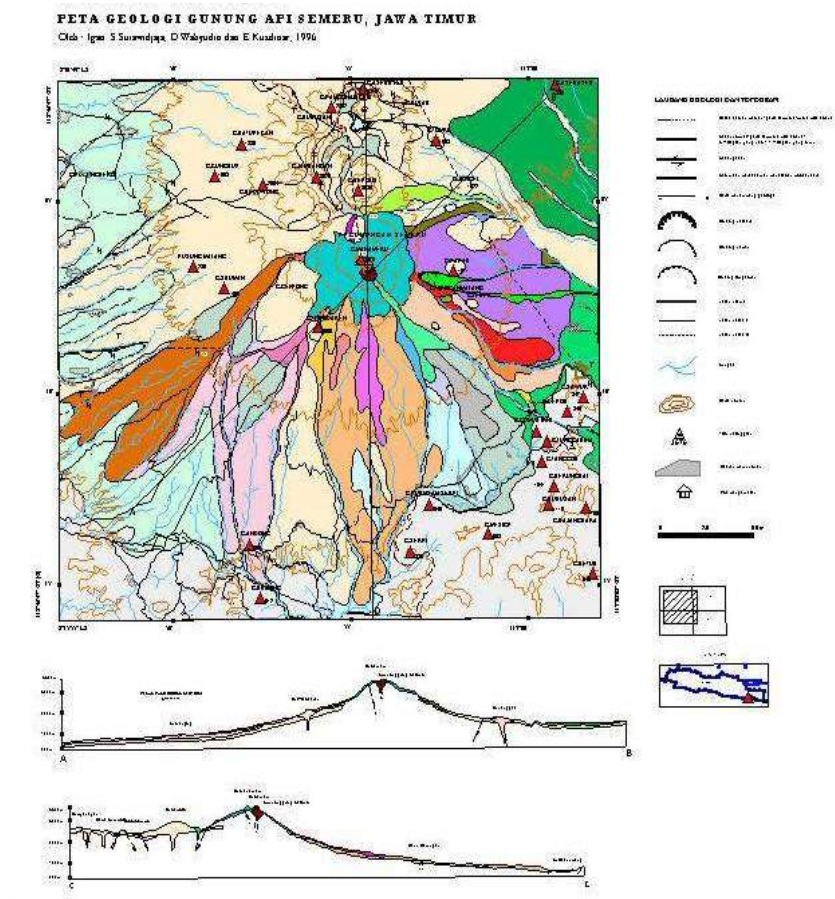
daerah puncak gunung. Bangunan sabo dam memiliki struktur dengan fondasi yang mengambang (*floating structure*) sehingga dalam pelaksanaannya bangunan ini harus tersusun secara seri.



Gambar 5. Peralatan Alat Penduga Tinggi Muka Air dan Penakar Curah Hujan (Kementerian PU, 2012)

Secara geologi lingkungan sabo tersusun atas satuan geologi berupa lava dan piroklastika yang merupakan Endapan Semeru masa kini yang menumpang di atas Endapan Piroklastika Semeru Muda dengan lapisan abu vulkanik. Satuan ini meliputi daerah yang cukup luas di sekitar Gunung Semeru. Daerah di sekitar Kali Besuksat juga tersusun atas lapisan abu yang berukuran halus dengan warna yang bervariasi dari abu-abu terang sampai coklat terang [4]. Gunung Semeru termasuk gunung api tipe *strato*. Selain dari bencana primer letusan gunung api juga memiliki bencana sekunder yang disebut banjir lahar. Banjir lahar terdiri dari dua macam yaitu banjir debris dan aliran dengan konsentrasi yang tinggi (*hyperconcentraed 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[3, 5]

Berdasarkan Dowling and Newsome [6], *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 abjek 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 sedang mengembangkan 7 geopark, satu anggota GGN (G. Batur), 6 geopark nasional[4, 7]



Gambar 6. Peta Geologi Regional Jawa Timur

Gunung api menjadi salah satu lokasi geowisata yang populer di Indonesia. Beberapa bagian dari gunung api tentunya dapat menjadi objek dari geowisata seperti litologi, morfologi, struktur geologi, maupun objek lainnya. Beberapa bentuk gunung api dapat memiliki kawah maupun kaldera yang tentunya dapat menjadi lokasi wisata [8] Bangunan sabo dan lingkungannya diperkirakan memiliki potensi yang cukup besar dalam pengembangan bidang geowisata di Gunung Semeru. 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 Semeru 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 7. Bangunan Sabo di Gunung Semeru (Kementerian PUPR, 2012)



Gambar 8. Wisata Lahar Tour di Gunung Semeru

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

| Kriteria | Perlakuan | Nilai |
|------------------------------------|--|-------|
| Aksesibilitas | Lokasi terlihat dengan jelas, terletak secara jelas pada jalur Alami/nature path | 5 |
| | Lokasi terlihat dengan jelas, terletak pada sisi jalan | 4 |
| | Lokasi sedikit sukar terlihat, terletak lebih dari 250 m dari lokasi terdekat | 3 |
| | Lokasi sukar untuk akses turis | 2 |
| | Lokasi tidak bisa dikunjungi 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 study 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 | <i>Very high</i> , Jumlah bidang yang terwakili lebih dari 5 | 10 |
| | <i>High</i> , Jumlah bidang yang terwakili 4 | 8 |
| | <i>Average</i> , Jumlah bidang yang terwakili 3 | 6 |
| | <i>Low</i> , Jumlah bidang yang terwakili 2 | 4 |
| | <i>Very low</i> , Jumlah bidang yang terwakili 1 | 2 |

Penilaian lokasi bangunan sabo dam (sedimen lahar), Secara umum terhadap nilai geowisata di Gunung Semeru dengan nilai total 17 adalah sebagai berikut :

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

| Kriteria | Perlakuan | Nilai |
|------------------------------------|---|-------|
| Aksesibilitas | Lokasi sedikit sukar terlihat, terletak lebih dari 250 m dari lokasi terdekat | 3 |
| Upaya Pelestarian | Terdapat kerusakan kecil pada objek/strukturnya | 4 |
| Kegiatan Berbasis Ilmu Pengetahuan | <i>Average</i> , Penting untuk penelitian regional | 6 |
| Kepentingan | <i>Low</i> , Jumlah bidang yang terwakili 2 | 4 |

Aksesibilitas lingkungan sabo dam di seluruh daerah Gunung Semeru memiliki kejangkauan lokasi yang cukup baik. Hampir semua 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 sabo dam, aktivitas pelestarian ini disebut ke dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan. Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam upaya ini adalah 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 gunung api 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

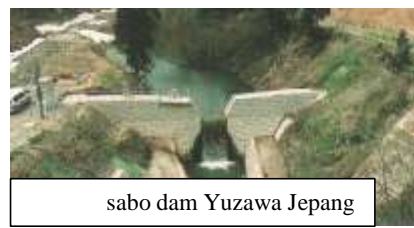
pasir meskipun dalam pelaksanaannya memerlukan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Pengawasan juga diperlukan agar pengerukan pasir tidak mengganggu kestabilan dari bangunan sabo dam.



Gambar 9. Kenampakan Bangunan Sabo dam dan Endapan Lahar



sabo dam okarinawa



sabo dam Yuzawa Jepang

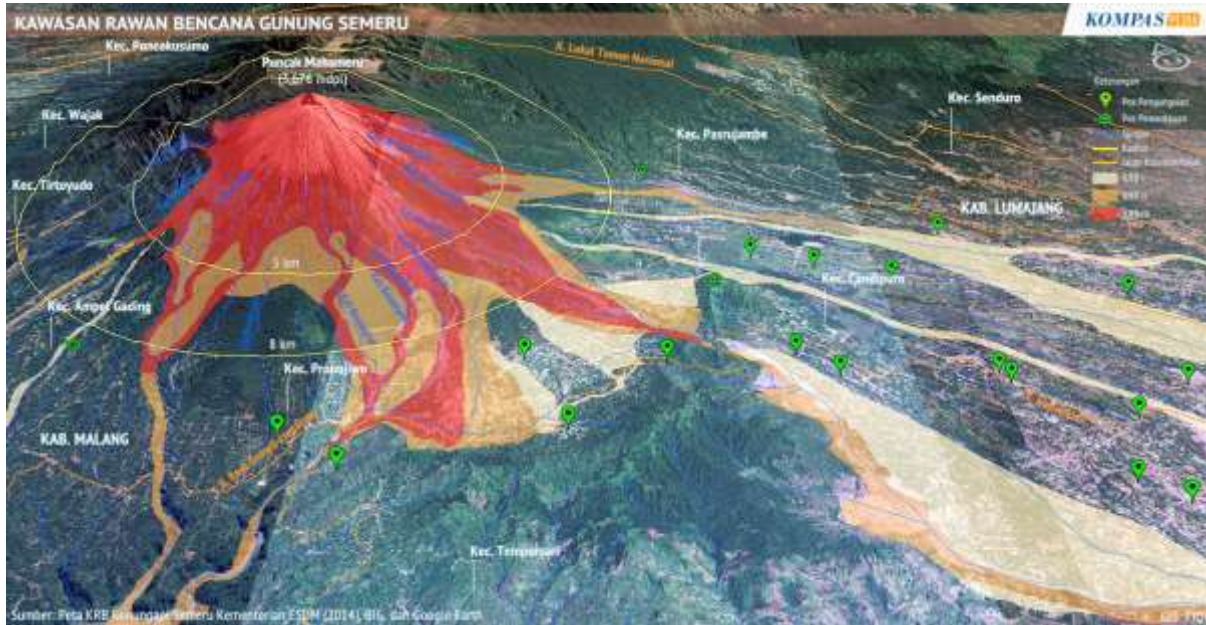


sabo dam di Sumatera



sabo dam Yatategi

Gambar 10. Lokasi Taman dan Tempat Bermain di Sabo dam



Gambar 11. Peta Wilayah Permukiman Penduduk di Kawasan Rawan Bencana II Gunung Semeru (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 masih perlu 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 gunung api 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 di Indonesia yang terkenal dengan kawasan geowisata adalah *Geopark* Gunung Rinjani. *Geopark* Gunung 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) [9] 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 Gunung api Semeru diperkenankan untuk dikunjungi hanya pada saat tidak terjadi aktivitas yang meningkat maupun saat terdapat peringatan bencana banjir lahar dari sungai-sungai yang bermuara di Gunung api Semeru. Hal ini didasarkan pada wilayah permukiman penduduk di Kawasan Rawan Bencana III yang dikeluarkan oleh BNPB. Sistem komunikasi tentang adanya bencana baik primer maupun sekunder telah dikembangkan via radio *handy talky* oleh komunitas masyarakat peduli bencana Gunung api Semeru.

4. Kesimpulan

Bangunan sabo dam dan lingkungannya memiliki potensi yang besar sebagai pendukung dari geowisata di Gunung Semeru. 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.

Referensi

- [1] F. Tempola, M. Muhammad, and A. Khairan, "Naive Bayes Classifier for Prediction of Volcanic Status in Indonesia," in *2018 5th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 2018, pp. 365-369.
- [2] S. S. Surjono and A. Yufianto, "Geo-disaster Laharic Flow along Putih River, Central Jawa, Indonesia," *Journal of Applied Geology*, vol. 3, 2011.
- [3] A. Solarska and Z. Jary, "Geoheritage and Geotourism Potential of the Strzelin Hills (Sudetic Foreland, SW Poland)," *Geographica Pannonica*, vol. 14, pp. 118-125, 2010.
- [4] K. Preece, "Transitions between effusive and explosive activity at Merapi volcano, Indonesia: a volcanological and petrological study of the 2006 and 2010 eruptions," University of East Anglia, 2014.
- [5] P. Jousset, J. Pallister, M. Boichu, M. F. Buongiorno, A. Budisantoso, F. Costa, *et al.*, "The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano—a '100-year' event," *Journal of volcanology and geothermal research*, vol. 241, pp. 121-135, 2012.
- [6] R. K. Dowling and D. Newsome, *Geotourism*: routledge, 2006.
- [7] H. Rachmat, "Rinjani Dari Evolusi Kaldera Hingga Geopark," *Majalah Geomagz*, vol. 6, pp. 28-33, 2016.
- [8] C. B. Sukatja, "Early Warning System for Lahar Flow Based on Lahar Arrival Time Forecasting," *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, vol. 6, pp. 11-21, 2016.
- [9] R. Knapik, A. Sobczyk, and P. Aleksandrowski, "Karkonoski Park Narodowy--proponowany obszar ochrony georoznorodnosci w Europejskiej Sieci Geoparkow/Karkonosze National Park--a proposed area of geodiversity conservation within European Geoparks Network," *Opera Corcontica*, p. 585, 2007.