

EVALUASI KETAHANAN RANGKAIAN SABODAM DI SUNGAI BOYONG KAB. SLEMAN

Ira Firdayanti^{1*}, Adam Pamudji Rahardjo¹, Fikri Faris¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: irafirdayanti@students.ugm.ac.id

INTISARI

Pasca erupsi 2010 diketahui sekitar 70 m³ sisa endapan material vulkanik menumpuk di lereng bagian selatan dan barat Gunung Merapi yang berpotensi terjadinya banjir lahar. Meskipun beberapa bangunan yang rusak telah dibangun kembali, namun kejadian-kejadian banjir yang menimbulkan kerusakan masih terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kondisi eksisting bangunan-bangunan tersebut untuk melindungi objek-objek vital dan memberikan rekomendasi perbaikan dan/atau peningkatan kinerja bangunan. Berdasarkan hasil analisis, ketahanan rangkaian sabodam di Sungai Boyong dalam perspektif kondisi fisik secara keseluruhan menunjukkan kinerja yang baik. Tipikal kerusakan struktural yang teridentifikasi pada sabodam di zona produksi dan transportasi meliputi abrasi, retakan, dan rembesan. Selain itu, korelasi antara kemiringan sungai dan pengaturan jarak yang belum efektif diidentifikasi sebagai salah satu faktor penyebab *scouring* dan kerusakan lainnya pada bangunan di hulu. Meskipun kinerja rangkaian sabodam di Sungai Boyong efektif, namun pemeliharaan tetap diperlukan, adanya pengaturan jarak antar sabodam yang optimal, dan memastikan fungsi *drip hole* yang krusial untuk meningkatkan umur layan dan ketahanan infrastruktur pengendali sedimen yang berkelanjutan.

Kata kunci: Sabodam, Erupsi Merapi, Banjir Lahar, Kali Boyong.

1 PENDAHULUAN

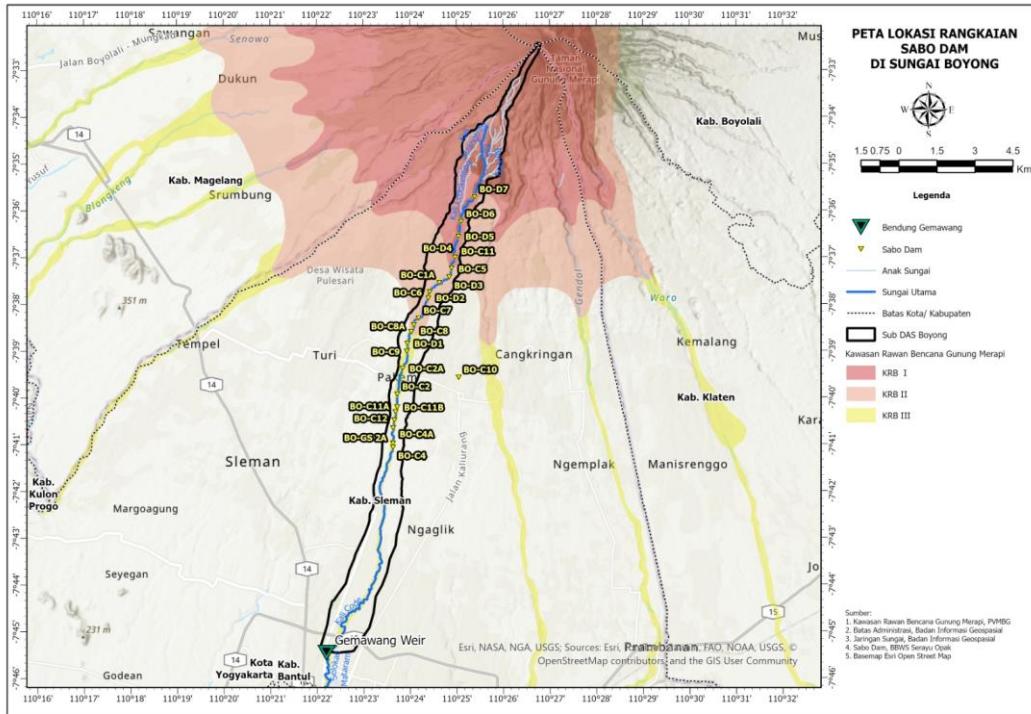
Sepanjang periode Merapi baru, erupsi eksplosif terbesar terjadi pada tahun 1872 dan 2010 dengan skala 4 VEI (BNPB, 2018). Dampak yang timbul pasca erupsi 2010 merupakan yang terburuk dalam periode Merapi baru dengan catatan korban jiwa mencapai 289 orang dan kerugian dalam berbagai sektor kehidupan mencapai 7,3 triliun rupiah (BPBD, 2013). Korban jiwa erupsi Gunung Merapi 2010 paling banyak berada pada Kawasan Rawan Bencana III yang merupakan korban akibat ancaman utama berupa aliran piroklastik, guguran batu, dan hujan abu lebat (Sari, 2017). Erupsi besar Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010 menyisakan material vulkanik dalam jumlah yang besar. Terdapat sekitar 140 juta m³ volume material yang dihasilkan dari erupsi tersebut meliputi batu berukuran besar hingga pasir (BPBD, 2013). Material vulkanis tersebut tersebar ke sungai-sungai utama yang berhulu di Gunung Merapi menimbulkan dampak sekunder berupa banjir lahar dalam konsentrasi tinggi baik saat terjadi erupsi maupun pasca erupsi khususnya saat musim hujan.

Di sepanjang sungai-sungai di lereng Gunung Merapi telah dibangun puluhan bangunan pengendali sedimen. Sabodam merupakan bangunan air yang dibangun melintang sungai dan berfungsi untuk mengendalikan aliran debris dengan cara menahan material serta meloloskan air ke hilir. Namun, pasca erupsi Merapi 2010 diketahui terdapat 77 unit sabodam mengalami kerusakan hingga hanyut terbawa aliran lahar (BBWS Serayu-Opak, 2011). Berdasarkan BNPB (2018), pasca erupsi 2010 diketahui masih terdapat sisa endapan material vulkanik khususnya sekitar 70 m³ material menumpuk di lereng bagian selatan dan barat yang berpotensi menyebabkan terjadinya banjir lahar. Sejak tanggal 4 Januari 2021, Sungai Boyong merupakan salah satu sungai yang berada di sisi selatan Gunung Merapi dengan catatan aktivitas APG dominan sebanyak 55 kejadian (Badan Geologi, 2024). Meskipun beberapa bangunan yang rusak telah dibangun kembali, namun kejadian-kejadian banjir yang menimbulkan kerusakan masih terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kondisi eksisting bangunan-bangunan tersebut ditinjau dari sisi ketahanan bangunan air dalam mengurangi resiko kerusakan dasar sungai serta bangunan air lainnya dan memberikan rekomendasi perbaikan dan/atau peningkatan kinerja bangunan.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Rangkaian Sabodam

Lokasi penelitian berada di Sungai Boyong yang secara geografis terletak di sisi selatan Gunung Merapi. Secara administratif, Sungai Boyong berada di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Peta Lokasi Rangkaian Sabodam di Sungai Boyong

2.2 Metode Penelitian

Penelitian berfokus pada rangkaian bangunan pengendali sedimen di Sungai Boyong yang berada pada zona produksi dan zona transportasi. Evaluasi rangkaian bangunan sabodam dilakukan berdasarkan teori teknologi sabo dan pendekatan empirik. Ketahanan rangkaian sabodam di Sungai Boyong dilihat berdasarkan parameter kondisi eksisting rangkaian sabodam, tipikal kerusakan bangunan, dan jarak antar bangunan. Kondisi eksisting rangkaian sabodam tahun 2021 diketahui berdasarkan hasil penilaian kinerja bangunan pengendali sedimen yang disusun oleh CV. Inthisar Karya. Selain itu, kerusakan bangunan diketahui dengan teknik pengambilan data dengan melakukan pengamatan secara visual dan dokumentasi rangkaian sabodam.

2.3 Kategori Kerusakan Bangunan

Tingkat kerusakan bangunan digunakan sebagai referensi dalam mengetahui kondisi bangunan eksisting. Regulasi penilaian kinerja sabodam mengacu pada Pedoman Inspeksi Sabodam Tahun 2019. Ruang lingkup pengamatan mencakup kondisi jalan masuk ke lokasi, vegetasi, kondisi bangunan pelengkap, kondisi sedimentasi, kondisi dam utama, apron, dinding tepi, dan kondisi subdam. Sedangkan hasil analisis formulir inspeksi bangunan berupa nilai kinerja dan kategori kerusakan. Berikut adalah klasifikasi kategori kerusakan berdasarkan Pedoman OP Sabodam 2019.

Tabel 1 Kategori Kerusakan Sabodam (Balai Litbang Sabo, 2019)

Tingkat Kerusakan (%)	Kategori Kerusakan
< 10 %	Baik
10% - 20%	Rusak ringan
21% - 40%	Rusak sedang
41% - 60%	Rusak berat
>60%	Runtuh

Sukatja dan Alfianto (2017) menyatakan penyebab utama kerusakan sabodam yang tersebar di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi pasca erupsi 2010 diantaranya adalah degradasi dasar sungai, abrasi pada pelimpah *main dam*, dan limpasan lahar pada sayap *main dam*. Munir, dkk (2015) dalam (Sukatja & Alfianto, 2017) menyatakan bahwa gerusan lokal, besarnya banjir lahar dengan produksi vulkanik letusan dalam jumlah yang banyak, gerusan lokal, dan indikasi rembesan menjadi penyebab runtuhnya sabodam di Kali Putih.

2.4 Stabilitas Bangunan

Sabodam yang dibangun dengan konsep pondasi mengambang erat kaitannya terhadap kestabilan bangunan. Pada suatu sungai, sabodam dibangun dalam satu rangkaian yang saling mendukung. Namun, efek domino dalam sistem sabodam menyebabkan kerusakan dan kestabilan yang saling mempengaruhi (Sukatja dan Alfianto, 2017). Jarak antar sabodam dihitung dengan menggunakan persamaan *Chatwin* (1994) dalam Fajarwati, dkk (2020) yang tersaji pada Persamaan 1.

$$L_2 = \frac{H}{\tan(\theta - \theta_e)} \quad (1)$$

dengan L_2 adalah jarak antar sabodam, H adalah tinggi efektif sabodam, θ kemiringan dasar sungai, dan θ_e adalah kemiringan dasar dinamis.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Eksisting Sabodam

Rangkaian sabodam yang terbangun di Sungai Boyong pada zona produksi dan zona transportasi terdiri dari 23 bangunan sabo dan dua *ground sill*. Tingkat kerusakan diperoleh melalui Laporan Penilaian Kinerja Bangunan Pengendali Sedimen DAS Opak Tahun 2021 akan memberikan gambaran kondisi fisik berdasarkan klasifikasi kategori pada Tabel 1. Kondisi eksisting bangunan tahun 2021 tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2 Persentase Kondisi Eksisting Bangunan (Laporan Penilaian Kinerja dan Penyusunan AKNOP Tahun 2021)

Berdasarkan Gambar 2 terdapat sebanyak 68% bangunan air di Sungai Boyong dalam kategori baik, 24% diantaranya dalam kategori rusak ringan, dan 8% dalam kategori rusak sedang. Sebagian besar kerusakan yang ditemui pada rangkaian bangunan di Sungai Boyong berupa abrasi, retakan, sedimentasi, dan tumbuhnya vegetasi liar. Penelitian yang sama dilakukan oleh Saputro (2022) menyatakan kondisi rangkaian sabodam di sepanjang Sungai Boyong dalam kategori baik dengan nilai kerusakan <10%.

3.2 Identifikasi Kerusakan Sabodam

Berdasarkan hasil pengamatan visual dan pengambilan dokumentasi tahun 2024 teridentifikasi beberapa kerusakan tipikal pada bangunan. Tipikal kerusakan struktural yang ditemui pada rangkaian bangunan di Sungai Boyong berupa abrasi, retakan, dan rembesan.

3.2.1 Abrasi

Kerusakan bangunan berupa abrasi pada rangkaian sabodam Sungai Boyong sebagian besar dapat ditemukan pada sabodam yang terbangun di sepanjang zona produksi dan zona transportasi. Abrasi pada bangunan tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3 Abrasi pada Sabodam BO-D7, BO-D4, dan BO-D5

Sabodam BO-D7 merupakan sabodam pertama dalam satu sistem sabodam di Sungai Boyong. Sabodam BO-D7 terletak di zona produksi dengan kemiringan statis (I_s) sebesar 8%. Pada zona ini, material sedimen yang ditemui adalah material sedimen berukuran sedang hingga *boulders* (Chanson, 2013). Kondisi ini menimbulkan gaya benturan pada sisi hulu bangunan yang besar. Abrasi pada sisi hulu mengikis selimut beton hingga tulangan beton terlihat. Selain itu, abrasi pada sabodam BO-D5 tipe *slit* terjadi pada celah antar *slit* akibat gesekan material sedimen yang berukuran sedang melewati celah ke hilir. Sedangkan sabodam BO-D4 yang disajikan pada Gambar 3b mengalami abrasi pada permukaan mercu. Sabodam tipe tertutup dengan kemiringan statis 3,9% mengizinkan material berukuran sedang untuk mampu melewati bangunan, sehingga gaya gesek antar material sedimen dengan permukaan mercu sangat mungkin terjadi.

3.2.2 Rembesan

Keberadaan rembesan biasanya diawali akibat adanya struktur bangunan yang keropos pada suatu bangunan sehingga air dapat mengalir. Pada sabodam di Sungai Boyong, rembesan terjadi diantara sambungan antar beton baik pada struktur dam utama maupun pada subdam.

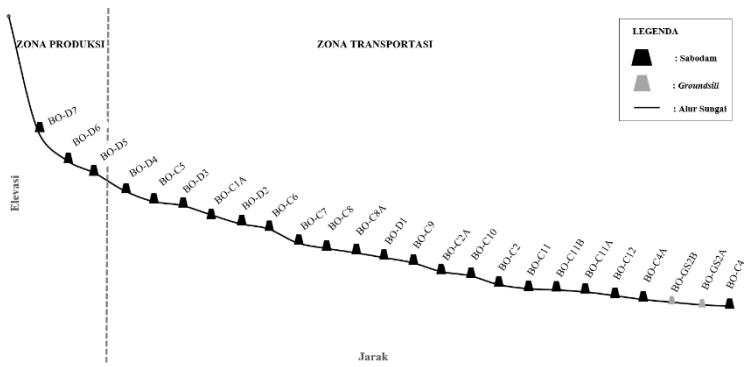


Gambar 4 Rembesan pada Subdam BO-D7, BO-D6, dan BO-C5

Kerusakan terjadi pada subdam BO-D7 dimana retakan berada disepanjang tubuh subdam. Pada subdam BO-D7 retakan telah melebar tidak hanya disepanjang sambungan beton, namun sudah mengerosi sekitarnya sehingga struktur bangunan menjadi rapuh. Rembesan dan retakan juga pada subdam BO-D6 dan BO-C5 hanya terjadi pada sambungan saja. Meski demikian, air yang mengisi celah-celah pada struktur bangunan secara terus menerus dapat menyebabkan tekanan pori meningkat menimbulkan kegagalan pada bangunan.

3.3 Jarak antar Sabodam

Selain untuk mengatur produksi sedimen, sabodam berperan dalam mengurangi kemiringan agar kecepatan dapat tereduksi sehingga gaya benturan yang terjadi pada bangunan berkurang. Profil memanjang rangkaian sabodam di Sungai Boyong dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Profil Memanjang Rangkaian Sabodam di Sungai Boyong

Berdasarkan hasil analisis dengan Persamaan 1, diketahui masih terdapat 7 titik jarak eksisting antar bangunan lebih besar dari hasil analisis Persamaan 1. Berdasarkan historis pemeliharaan, rehabilitasi dan rekonstruksi bangunan pasca erupsi Merapi 2010 terjadi pada bangunan dengan jarak seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Jarak Eksisting Antar Bangunan dengan Jarak L_2

Bangunan Pengendali Sedimen	Zona	Jarak Eksisting (m)	Jarak L_2 (m)
BO-D7 s/d BO-D6	Zona Produksi	1230	776.98
BO-D5 s/d BO-D4	Zona Transportasi	920	663.04
BO-D3 s/d BO-C1A	Zona Transportasi	460	370.51
BO-C1A s/d BO-D2	Zona Transportasi	513.02	550.00
BO-C6 s/d BO-C7	Zona Transportasi	940	380.73
BO-C9 s/d BO-C2A	Zona Transportasi	725	468.02
BO-C4 s/d BO-GS1A (Blekik II)	Zona Endapan	1095	936.00

3.4 Pembahasan

Pasca erupsi Merapi tahun 2010, rangkaian sabodam telah direhabilitasi, hingga kini umur layan mencapai 13 tahun ketahanan infrastruktur dalam perspektif kondisi fisik dalam kategori baik dengan kerusakan dalam kategori ringan dan sedang. Penelitian yang sama dilakukan oleh Saputro (2022) menyatakan kondisi rangkaian sabodam di sepanjang Sungai Boyong dalam kategori baik dengan nilai kerusakan <10%. Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting dan pengamatan visual teridentifikasi bahwa tipikal kerusakan struktural pada rangkaian sabodam yang terbangun di zona produksi dan zona transportasi berupa abrasi, retakan, dan rembesan pada sambungan beton. Rembesan banyak ditemui pada bangunan yang tidak dilengkapi dengan *drip hole*. Air yang mengisi celah-celah pada struktur bangunan menyebabkan tekanan pori meningkat menimbulkan ketahanan bangunan berkurang hingga kegagalan pada bangunan. Salah satu upaya untuk mempertahankan sabodam terhadap tekanan hidrostatik diantaranya adalah adanya *drip/drain hole*. Efek domino dalam sistem sabodam menyebabkan kerusakan dan kestabilan antar bangunan saling mempengaruhi. Berdasarkan historis pemeliharaan pasca erupsi Gunung Merapi, rehabilitasi sabodam dilakukan pada sabodam dengan jarak antar bangunan yang lebih panjang dari hasil analisis menggunakan Persamaan 1. Selain itu, korelasi kemiringan sungai dan jarak yang cukup panjang antar sabodam menjadi salah satu resiko terjadinya *scouring* pada bangunan di hulunya. Histori kerusakan bangunan pasca erupsi 2010 berupa *scouring* pada BO-C1A sedalam 10 m dapat disebabkan oleh jarak eksisting yang lebih jauh yaitu 460 m sedangkan berdasarkan Persamaan 1 jarak maksimum antar sabodam yang diperlukan adalah 350 m. Ketahanan bangunan dalam perspektif pengaturan jarak untuk kestabilan bangunan belum efektif tercapai.

Meskipun 68% sabodam dalam kondisi baik dan kerusakan bangunan tidak berkembang secara masif, namun pemeliharaan rutin dan berkala perlu dilakukan untuk menjaga ketahanan dan keberlanjutan bangunan. Formulasi campuran beton dengan serat baja, campuran beton *fero-con*, *master-plate*, *non-shrink*, *ambil-top*, *epoxy-plate* merupakan alternatif solusi untuk penanggulangan abrasi pada pelimpah (Kusumobrata H., 2014 dalam Sukatja dan Alfianto, 2017). Hasil survei lapangan oleh Kim N (2013) dalam Sukatja dan Alfianto (2017), pengaturan jarak antar sabodam dalam sistem seri mampu meningkatkan keseimbangan dasar sabodam dibagian hulunya. Sehingga, pengaturan jarak pada rangkaian sabodam perlu dilakukan untuk meningkatkan ketahanan bangunan dalam menghadapi ancaman banjir lahar dan keberlanjutan suatu bangunan.

4 KESIMPULAN

Pasca rehabilitasi 13 tahun lalu akibat erupsi Merapi 2010, ketahanan rangkaian sabodam di Sungai Boyong pada zona produksi dan zona transportasi dalam perspektif kondisi fisik menunjukkan kinerja yang baik secara keseluruhan dengan kerusakan kategori ringan hingga sedang. Hasil analisis kerusakan bangunan menunjukkan bahwa keberadaan dan fungsi *drip/drain hole* sangat krusial dalam menahan tekanan hidrostatik dan kestabilan bangunan. Korelasi antara kemiringan sungai yang curam dan jarak antar bangunan yang terlalu panjang diidentifikasi sebagai faktor penyebab *scouring* dan kerusakan lainnya pada bangunan di hulu. Historis pemeliharaan menunjukkan rehabilitasi sabodam dilakukan pada sabodam dengan jarak antar bangunan yang melampaui hasil analisis desain optimal menggunakan Persamaan 1. Sehingga, ketahanan bangunan dalam perspektif pengaturan jarak terhadap kestabilan bangunan belum efektif tercapai. Oleh karena itu, meskipun secara umum rangkaian sabodam di Sungai Boyong efektif, namun pemeliharaan perlu dilakukan, diperlukan adanya pengaturan jarak antar sabodam yang optimal, dan memastikan fungsi *drip hole* yang krusial untuk meningkatkan umur layan dan ketahanan infrastruktur pengendali sedimen yang berkelanjutan.

REFERENCES

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2018). *Buku Data Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah. (2013). *Rangkaian Kegiatan Peringatan 3 Tahun Erupsi Gunung Merapi*. Retrieved from Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kab. Sleman: <https://bpbd.slemankab.go.id/rangkaian-kegiatan-peringatan-3-tahun-erupsi-gunungapi-merapi/>
- Bhayangkara, C. S. (2023, Maret). *Sejarah Erupsi Gunung Merapi dari Masa ke Masa*. Retrieved from Suara.com: <https://www.suara.com/news/2023/03/11/215223/sejarah-erupsi-gunung-merapi-dari-masa-ke-masa?page=2>.
- (2018). *Buku Data Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Chanson, H. (2013). *Sabo Check Dams: Mountain Protection System in Japan*. School of Civil Engineering, The University of Queensland.
- CV Inthisar Karya. (2021). *Laporan Penilaian Kinerja dan Penyusunan AKNOP Bangunan Pengendali Sedimen DAS Opak*. Daerah Istimewa Yogyakarta: Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.
- CV. Inthisar Karya. (2021). *Laporan Inventarisasi dan Database DAS Opak*. Daerah Istimewa Yogyakarta: Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.
- Fajarwati, Y., fathani, T. F., Faris, F., & Wilopo, W. (2020). Desain Sabo Dam Tipe Conduit Sebagai Pengendali Daya Rusak Aliran Debris. *Inersia Vol. XVI No.2*.
- Press Release Erupsi Gunung Merapi Tanggal 4 Maret 2024. (2024, Maret). Retrieved from Badan Geologi: <https://geologi.esdm.go.id/media-center/press-release-erupsi-gunung-merapi-tanggal-4-maret-2024>
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. (2014). *Kajian Konsep Pondasi Mengambang pada Bangunan Sabo*. Jakarta: Badan Litbang Pekerjaan Umum.
- Saputro, C. D. (2022). Evaluasi Kondisi Kerusakan Bangunan Sabo Dam Gunung Merapi. *Seminar Praktik Keinsinyuran 1* (pp. 67-68). Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Sari, M. M. (2017). Studi Analisa Distribusi Sebaran Jiwa Berdasarkan Usia dan Gender pada Peta KRB Erupsi Gunung Merapi 2010. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 44.
- Sukatja, C. B., & Alfianto, A. (2017). Revitalisasi Sabodam sebagai Pengendali Aliran Lahar (Studi Kasus di Daerah Gunungapi Merapi). *Jurnal Teknik Hidraulik Vol.8 No.1*, 31, 38.