

# PEMODELAN ALIRAN LAHAR PADA SUNGAI ALAMI DAN SUNGAI TERUSIK DI SUNGAI SENOWO DENGAN *SOFTWARE LAHARZ*

Rahadian Andre Wiradiputra  
[rahadianandre.w@gmail.com](mailto:rahadianandre.w@gmail.com)

Danang Sri Hadmoko  
[hadmokoo@yahoo.com](mailto:hadmokoo@yahoo.com)

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dinamika lahar dengan menggunakan dua skenario pemodelan lahar yaitu skenario pada sungai yang tidak terdapat sabo dam (alami) dan juga sungai yang terdapat sabo dam (terusik). Selain itu penelitian ini untuk mengetahui peran sabo dam kaitannya dengan banjir lahar.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis penginderaan jauh dan analisis hasil model dengan software LaharZ. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah data data LiDAR (image dan DEM) tahun 2012 dan data hasil perekaman UAV (image dan DEM) tahun 2014.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan antara pemodelan skenario sungai alami dan sungai terusik. Pemodelan pada sungai terusik aliran lahar tertahan di sabo dam dan keluar melalui pintusabo dam sehingga menghasilkan zonasi lahar yang lebih kecil dibandingkan sungai alami. Pemodelan lahar pada sungai terusik mempunyai kedalaman yang lebih kecil karena lahar tertahan di sabo dam sehingga aliran menjadi lebih kecil. Sabo dam sebagai bangunan di suatu sungai mempunyai peran dalam menghambat, menampung dan mengatur aliran lahar.

*Kata kunci: dinamika lahar, lahar, Sungai Senowo, sabo dam, dan LaharZ,*

## Abstract

*The aim of the research is to determine the dynamic of lahar using two modeling scenarios. First is flow without sabo dam (undisturbed flow) and second is flow with sabo dams (disturbed flow). Furthermore, the roles of sabo dam in terms of lahar flow may also examine through this research.*

*The methods used in this research are remote sensing analysis and modeling analysis using software of LaharZ. The determined remote sensing images are LIDAR (images and DEM) year 2012 and record data of UAV (images and DEM) year 2014.*

*Based on the results, there are some differences found between undisturbed and disturbed flow scenarios. The results of lahar flow modeling on disturbed flow scenario show that the flow becomes smaller due to the constriction path of flow compared to undisturbed scenario. The similar results are also shown in thickness analysis in which undisturbed flow has thinner lahar than disturbed flow due to the obstruction in the path flow. The roles of sabo dam conclude in obstructing, impounding, and controlling lahar flow*

*Key words: lahar dynamic, lahar, Senowo River, sabo dam, LaharZ*

## PENDAHULUAN

Gunungapi Merapi merupakan salah satu gunungapi yang paling aktif di Indonesia serta merupakan gunungapi paling aktif di dunia (Andreastuti, dkk., 2000). Sejak tahun 1982 hingga 2000, tercatat telah terjadi 33 letusan di Gunungapi Merapi. Bahaya yang dapat ditimbulkan dari letusan gunungapi terdiri dari bahaya awan panas, lava pijar, banjir lahar, dan hujan abu.

Bahaya banjir lahar merupakan salah satu bahaya yang dapat menimbulkan kerusakan yang besar. Banjir lahar terjadi ketika material gunungapi hasil erupsi terbawa oleh aliran permukaan hasil hujan dengan intensitas tinggi. Dampak yang ditimbulkan oleh banjir lahar terkadang lebih besar dibandingkan dengan letusan gunungapi sendiri.

Erupsi Gunungapi Merapi 2010 merupakan erupsi yang terbesar selama abad 20 hingga 21 (Surno dkk., 2012). Material erupsi yang dikeluarkan saat itu adalah  $30 \times 10^6$  hingga  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Surno dkk., 2012). Material erupsi dalam jumlah banyak tentunya akan membutuhkan waktu yang lama sampai semua terbawa oleh aliran hujan. Sehingga diperkirakan banjir lahar masih akan terjadi hingga semua material terbawa.

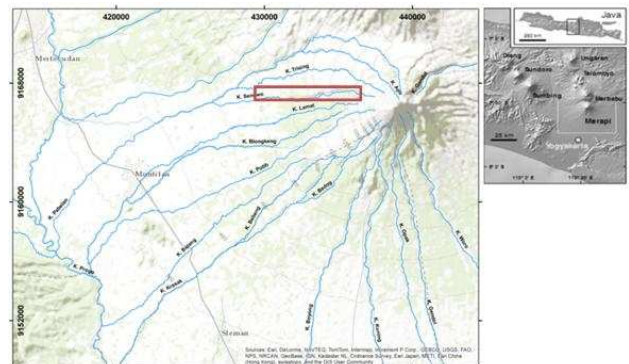
Penelitian terkait bencana gunungapi masih mendasar pada semua daerah rawan bencana gunungapi. Namun, penelitian yang lebih spesifik mengenai pendugaan banjir lahar di Indonesia masih sangatlah sedikit. Oleh karena itu penelitian tentang pendugaan atau pemodelan aliran lahar untuk melihat karakteristik dari banjir lahar pada tiap volume material yang dibawa oleh hujan sangat penting untuk dilakukan.

Sungai Senowo merupakan salah satu sungai yang terletak di bagian hulu Gunungapi Merapi. Sungai ini berdasarkan data kejadian lahar termasuk kedalam sungai yang sering mengalami kejadian lahar pada kurun waktu 2010-2011 dengan kejadian paling sering pada bulan Januari dan bulan Maret (Hadmoko dkk., 2011). Lokasi Sungai Senowo dapat dilihat pada Gambar 1.1, sedangkan frekuensi kejadian lahar pada sungai-sungai di bagian hulu gunungapi dapat dilihat pada Gambar 1.2.

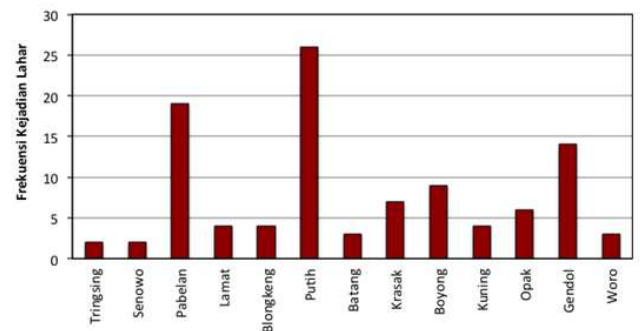
Penelitian mengenai morfodinamika Sungai Senowo difokuskan pada pemodelan

sungai Senowo pada dua skenario yang meliputi skenario sungai alami dan sungai terusik. Perubahan morfologi sungai terjadi melalui zonasi skenario volume lahar, kedalaman lahar, perubahan alur sungai (*channel avulsion*),

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui morfodinamika aliran lahar Sungai Senowo pada sungai yang terdapat sabo dam dan sungai yang tidak terdapat sabo dam. Kajian mengenai pemodelan aliran lahar menjadi penting dalam upaya mitigasi bencana. Peran sabo dam sebagai bangunan penghalang maupun penghambat material lahar juga mempunyai pengaruh penting dalam mengurangi dampak bahaya aliran lahar.



**Gambar 1** Sketsa peta topografi dan sungai-sungai yang berhulu di sekitar Merapi dan lokasi penelitian di Sungai Senowo (Kotak Merah)



**Gambar 2** Sebaran frekuensi kejadian lahar pada sungai yang berhulu di Merapi dan Sungai Senowo (Sumber: Hadmoko, dkk., 2011).

Besarnya potensi material vulkanik pada Sungai Senowo dan potensi hujan di lereng barat daya Gunungapi Merapi menyebabkan Sungai Senowo masih berpotensi terjadi banjir lahar. Pemodelan lahar dengan menggunakan *software* Lahar-Z ini nantinya dapat digunakan untuk pendugaan karakteristik aliran lahar dengan skenario volume material, baik pada sungai alami (tanpa sabo dam) dan pada sungai terusik dengan pembuatan simulasi sabo dam.

Penelitian ini nantinya dapat mengetahui karakteristik aliran lahar pada kedua pemodelan dan juga dapat mengetahui seberapa penting peran sabo dam dalam menghambat aliran lahar. penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh semua pihak terutama pemerintah sebagai penentu kebijakan dalam mengatasi permasalahan banjir lahar.

## METODE PENELITIAN

### Data, Alat dan Bahan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer dan data sekunder yang dibutuhkan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data yang Dibutuhkan

Jenis Data	Fungsi
Data LIDAR (DEM dan <i>Image</i> ) daerah Sungai Senowo Tahun 2012	Perbandingan kondisi morfologi sungai
Data LIDAR (DEM dan <i>Image</i> ) daerah Sungai Senowo Tahun 2014	Perbandingan kondisi morfologi sungai
RBI Digital Skala 1:25000 di Sungai Senowo(BIG)	Analisis penggunaan lahan
Peta Operasional Terdampak Lahar dan Volume Terdampak 2012 (BPPTK)	Validasi data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat disajikan dalam Tabel 2

**Tabel 2.** Alat Penelitian

Nama Alat	Fungsi
GPS	Mencari lokasi kajian (sabo dam)
Meteran	Mengukur dimensi sabo dam
Checlist Lapangan	Pengisian data lapangan
Alat tulis dan papan	Mencatat data hasil lapangan
Kamera Digital	Kamera digital

Software yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Software Penelitian

Software	Fungsi
Arc GIS 10.2	Mengolah data spasial dan membuat peta
ArcInfo Workstation	Memodelkan aliran lahar
Microsoft Excel 2013	Mengolah data statistik, matematis, dan tabular
Microsoft Word 2013	Membuat laporan serta dokumen terkait
Mozilla Firefox 30.0	Mencari literatur dan mengunduh citra satelit
Global Mapper 11	Mengolah data xyz menjadi data Dem Lidar

### Teknis Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan untuk penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif, komparatif, analisis raster, dan analisis spasial. Analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk menganalisis karakteristik lahar pada sungai alami dan sungai terusik dengan menggunakan pemodelan lahar. Sedangkan analisis komparatif digunakan untuk mengetahui perbandingan pemodelan sungai alami dan sungai terusik yang difokuskan pada zonasi lahar dan kedalaman lahar.

#### a. Dinamika lahar sungai alami dan sungai terusik

Karakteristik aliran lahar dianalisis dengan metode deskriptif kualitatif, analisis spasial, dan komparatif difokuskan pada zonasi lahar. Analisis deskriptif kualitatif dilakukan dengan mendeskripsikan hasil pemodelan aliran lahar pada masing-masing sungai yang meliputi sungai alami atau tidak terdapat sabo dam dengan sungai terusik (sungai yang terdapat sabo dam). Analisis deskriptif kualitatif menekankan pada perubahan alur sungai, kedalaman aliran lahar. Analisis spasial dilakukan dengan menekankan pada zonasi spasial aliran lahar dan ketebalan lahar hasil dari dua pemodelan sungai oleh beberapa skenario volume dengan menggunakan *software* LaharZ. Penelitian ini juga menggunakan metode komparatif. Metode ini digunakan untuk

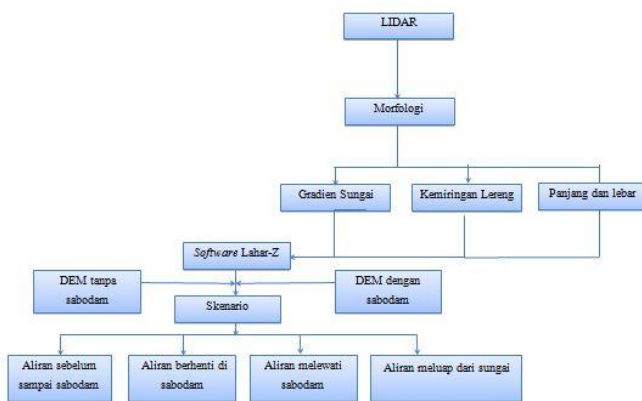
membandingkan dua model sungai yaitu sungai alami dan sungai terusik. Metode komparatif ini menekankan pada perbedaan zonasi aliran lahar pada sungai alami dan sungai terusik (terdapat sabo dam) dan kedalaman sedimen/material lahar.

b. Peran sabo dam dalam

Peranan sabo dam dalam

Perubahan morfologi sungai Gunungapi pada tahun 2012 hingga tahun 2014 dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif dan komparatif. Metode deskriptif kualitatif dilakukan untuk menganalisis perubahan morfologi yang terjadi dari tahun 2012 hingga tahun 2014 yang meliputi morfologi tebing sungai, morfologi alur sungai, morfologi dasar sungai dan morfologi lembah sungai di Sungai Senowo. Metode komparatif dilakukan untuk membandingkan perubahan baik alur sungai, lembah sungai, dasar sungai, dan tebing sungai pada tahun 2012 hingga tahun 2014. Perbandingan morfologi ini nantinya akan menghasilkan penambahan atau pengurangan dasar sungai yang dapat digunakan untuk mengetahui agradasi ataupun degradasi sedimen atau material lahar di Sungai Senowo dari perbandingan tahun 2012 hingga tahun 2014.

Alur penelitian mengenai karakteristik aliran lahar perubahan morfologi hulu Sungai Senowo pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 disajikan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 1.



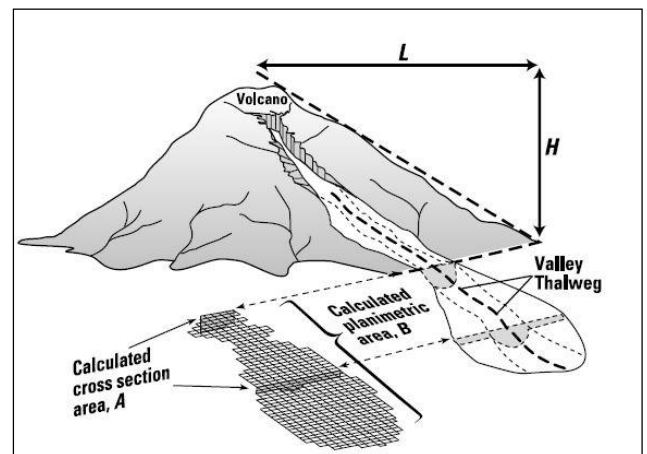
Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik aliran lahar

#### a. Perbandingan aliran lahar sungai alami dan sungai terusik

Pemodelan dengan menggunakan *software Laharz* sudah tervalidasi dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh scalling dkk. Berdasarkan analisis scaling dan statistik geometri dari 27 jalur lahar di sembilan gunung berapi, Iverson dkk. (1998) yang berasal persamaan empiris luas penampang bahwa perkiraan planimetris dan laharinundation sebagai fungsi dari volume lahar. Persamaan-persamaan empiris yang digunakan oleh Schilling (1998) untuk mengembangkan LAHARZ - suite geografis sistem informasi (GIS) program - untuk pemetaan otomatis laharinundation zona. Utilitas LAHARZ untuk pembangunan bahaya lahar peta telah dibuktikan secara luas di AS (misalnya, Scott et al., 1999; Walder et al., 1999; Vallance et al., 2003) dan di Amerika Tengah (misalnya, Mayor et al., 2001; Schilling et al., 2001; Vallance et al., 2001a, 2001b.; Canutiet al., 2002). (Gambar 4)



Gambar 4 Skema cross sectional area (A) dan planimetric area (B) (Sumber: Schilling, 1998)

Sabo dam pada model sungai terusik ini dibuat berdasarkan pengukuran salah satu sabo dam yang ada dilapangan. Pembuatan sabo dam ini dilakukan dengan memodifikasi DEM hasil pengukuran dengan UAV. Proses modifikasi DEM ini dilakukan dengan meninggikan DEM pada bagian yang sudah ditentukan yang berada di bagian hulu bawah. Perbandingan model antara sungai alami dan sungai terusik (terdapat sabo dam) menghasilkan kenampakan yang

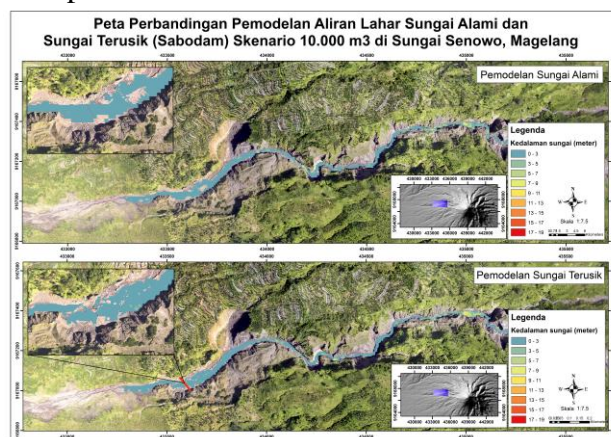
berbeda beda pada setiap skenario volume. Perbandingan model ini menggunakan 4 skenario yang meliputi 10.000 m<sup>3</sup>, 25.000 m<sup>3</sup>, 50.000 m<sup>3</sup>, dan 100.000 m<sup>3</sup>. Hasil perbandingan model yang pertama yang menggunakan skenario 10.000 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.15.

Berdasarkan hasil perbandingan model antara sungai alami dan sungai terusik menunjukkan perbedaan terutama pada bagian sekitar sabo dam. Hasil pemodelan pada bagian hulu atas dan hulu tengah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang tidak terlalu besar ini dikarenakan sabo dam belum mempengaruhi aliran lahar karena letaknya yang berada di hulu bagian bawah. Hasil model yang sudah diolah menjadi zonasi ketebalan lahar menunjukkan perbedaan ketebalan lahar yaitu pada sungai alami mempunyai ketebalan maksimal sebesar 16,7 meter sedangkan pada model terusik hanya menghasilkan ketebalan maksimal 16 meter. Perbedaan paling besar terjadi baik pada sebelum mencapai sabo dam maupun setelah mencapai sabo dam.

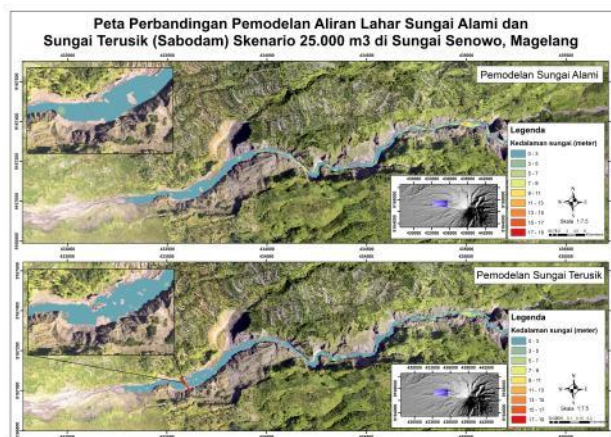
Hasil pemodelan sebelum mencapai sabo dam mempunyai perbedaan, pada sungai terusik hasil model mempunyai zonasi yang tidak rata menggenangi bagian sebelum mencapai sabo dam. Sedangkan pada skenario sungai alami menghasilkan zonasi yang rata pada bagian lembah sungai. Hasil zonasi pada sungai terusik mengalami zonasi yang lebih besar pada bagian sebelum mencapai sabo dam dibandingkan di sungai alami. Hal ini disebabkan karena aliran lahar tertahan di sabo dam sebelum keluar melalui pintu sabo dam sehingga aliran akan mengalami pelebaran pada sisi kanan maupun sisi kiri sabo dam. Hasil model pada sungai alami tidak mengalami pelebaran karena aliran langsung mengalir melalui alur sungai tanpa adanya hambatan berupa sabo dam.

Aliran yang mengalir pada pintu sabo dam ini menghasilkan ketebalan yang lebih kecil dibandingkan zonasi lahar pada sungai alami. Ketebalan lahar setelah melewati sabo dam pada sungai terusik hanya sebesar 5-7 meter sedangkan pada sungai alami ketebalan lahar mencapai 13-16,7 meter. Ketebalan lahar yang berbeda ini disebabkan oleh aliran lahar pada sungai terusik mengalami penghambatan oleh sabo dam dan pengontrolan aliran sehingga energi dari lahar tidak begitu besar. Sedangkan pada sungai alami aliran langsung melewati alur

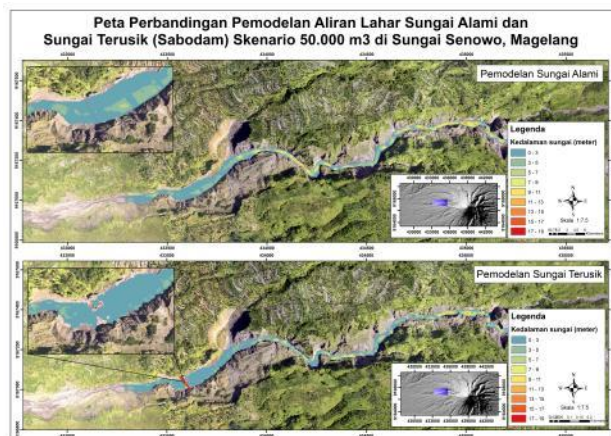
sungai tanpa adanya hambatan akibatnya ketebalan lahar menjadi lebih besar dibandingkan ketebalan lahar pada sungai yang terdapat sabo dam.



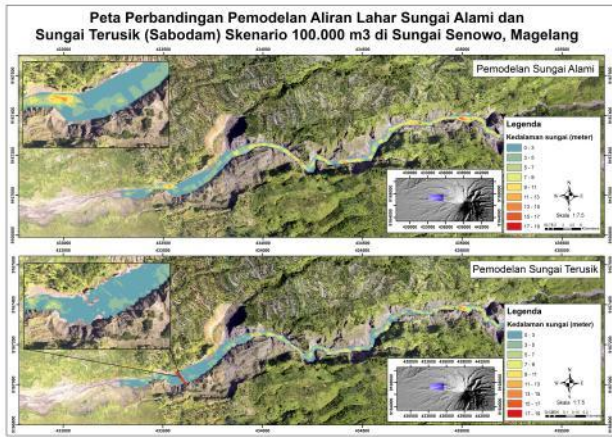
Gambar 5 Perbandingan Pemodelan Sungai Alami dan Sungai Terusik di Sungai Senowo dengan Skenario Volume 10.000 m<sup>3</sup>



Gambar 6 Perbandingan Pemodelan Sungai Alami dan Sungai Terusik di Sungai Senowo dengan Skenario Volume 25.000 m<sup>3</sup>



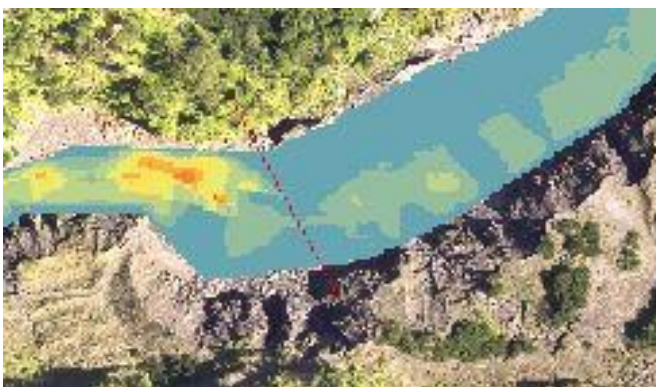
Gambar 7 Perbandingan Pemodelan Sungai Alami dan Sungai Terusik di Sungai Senowo dengan Skenario Volume 50.000 m<sup>3</sup>



Gambar 8 Perbandingan Pemodelan Sungai Alami dan Sungai Terusik di Sungai Senowo dengan Skenario Volume 100.000 m<sup>3</sup>

#### b. Peran Sabo dam

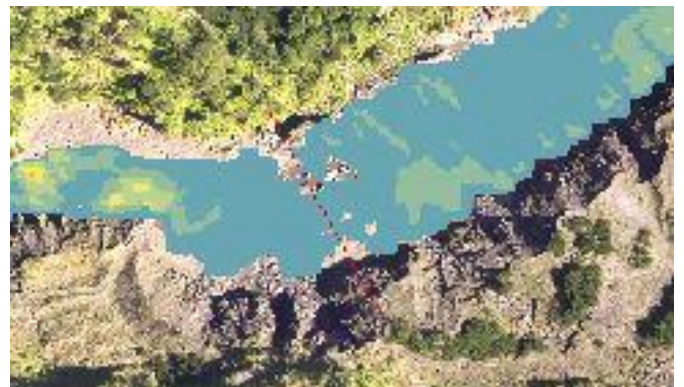
Dam pegendali sedimen atau yang lebih dikenal dengan sabo dam merupakan salah satu bangunan pengendali sedimen yang bekerja dalam satu sistem pengendalian guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan yaitu mengelola kelebihan sedimen agar tidak membahayakan bagian hilir. Sabo dam memiliki peran dalam mengelola volume sedimen melalui beberapa fungsi yang meliputi fungsi menampung, fungsi mengontrol, dan menahan sedimen. Sabo dam yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabo dam jenis celah atau *slit dam*. Sabo dam ini dapat bekerja aktif dalam mereduksi debit. Prinsip kerja dari sabo dam ini adalah pada saat aliran lahar melewati bendungan terjadi pembendungan yang disebabkan oleh penyempitan penampang sungai oleh lubang slit.



sabo dam. Ketika debit aliran lahar mengecil endapan sedimen dibagian hulu sabo dam akan mengalir sedikit demi sedikit ke hilir melalui celah kecil. Dengan demikian bagian hilir akan selalu menerima sedimen untuk menjaga keseimbangan sungai atau mengurangi degradasi dasar sungai di hilir sabo dam. Adanya sabo dam ini mampu selalu menyediakan ruang penampungan sedimen di hulu sabo dam untuk menampung sedimen sementara (Sadwandaru, 1998)

Salah satu fungsi dari bangunan sabo dam atau dam pengendali sedimen adalah menampung sementara sedimen yang terbawa oleh air hujan atau banjir. Semakin besarnya produksi sedimen di bagian hulu, maka akan semakin besar pula potensi bagian hilir sungai menerima pasokan sedimen berlebihan. Keberadaan dam pengendali sedimen diharapkan dapat mengurangi jumlah sedimen yang dapat merugikan bagi bagian hilir.

Peran sabo dam dalam menampung sedimen sementara terlihat pada hasil pemodelan yang menunjukkan aliran lahar tertahan sebelum mencapai sabo dam. Berdasarkan pemodelan yang ada sabo dam sebelum mencapai sabo dam tertahan di samping kanan maupun kiri sabo dam. Hal ini dikarenakan pintu atau output dari sabo dam yang dibuat kecil untuk menahan aliran lahar. Gambar sedimen lahar yang tertahan di sabo dam dapat disajikan pada Gambar 4.24.



Gambar 9. Pemodelan lahar dengan sabo dam (A) dan pemodelan lahar dengan tidak adanya sabo dam (B)

Pengaruh dari pembendungan tersebut menyebabkan kecepatan air berkurang maka terjadi pengendapan sedimen di bagian hulu

Peran sabo dam yang selanjutnya adalah mengontrol sedimen. Adanya bangunan sabo dam mempunyai fungsi sebagai pengontrol aliran lahar sehingga aliran lahar dapat dikendalikan agar tidak membahayakan area yang berbahaya. Seperti halnya Gambar 24 aliran lahar yang terdapat sabo dam mempunyai arah aliran menuju ke tebing bagian bagian selatan hal ini dikarenakan pintu sabo dam mengarah kebagian selatan, Arah tebing yang mengarah kebagian selatan ini menyebabkan ketebalan laharmenjadi berkurang.

Selain itu kegunaan sabo dam adalah melandaikan kemiringan dasar sungai. Dasar sungai menjadi lebih landai dapat terjadi apabila kapasitas tampungan bangunan pengendali sedimen telah dipenuhi oleh material sedimen atau lahar, sehingga terbentuklah kemiringan dasar sungai baru yang lebih landai. Kondisi hulu sungai yang mempunyai bentuk “V”, akibat adanya akumulasi endapan lahar atau sedimen maka dasar sungai akan naik dan lebar dasar sungai menjadi lebih lebar. Hal ini memberikan dampak berkurangnya pasokan sedimen ke hilir yang mengakibatkan erosi dan penurunan dasar sungai di bagian hilir sehingga mengurangi dampak yang ditimbulkan di bagian hilir.

Sabo dam selain berfungsi sebagai penahan ataupun penampung sedimen juga berfungsi dalam mencegah longsoran. Bertambahnya dasar sungai akibat endapan sedimen dibelakang sabo dam menciptakan beban perimbangan bagi lereng tebing atau bukit disisi kiri dan kanan sungai, sehingga terbentuk gaya perimbangan sebagai penahan massa longsoran untuk tidak meluncur kebawah

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Perbedaan yang ada pada sungai alami dan sungai terusik terjadi bagian sekitar sabo dam, yang meliputi sebelum mencapai sabo dam yang mengalami peluapan disamping kanan maupun kiri sabo dam, saat melewati sabo dam dengan aliran yang kecil, dan setelah mencapai sabo dam pada mempunyai ketebalan yang lebih kecil dibandingkan sungai yang tidak terdapat sabo dam.

2. Peran sabo dam kaitannya dengan aliran lahar meliputi menahan dan menampung sedimen, mengontrol sedimen, melandaikan tebing sungai serta mencegah terjadinya longsor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andreastuti, S.D., Alloway, B.V., Smith, I.E.M., 2000. A detailed tephrostratigraphic framework at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: implications for eruption predictions and hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100, 51–67.
- Hadmoko, D. S., Santosa, L. W., Suratman, Marfai, M. A., Widiyanto. 2011. Peranan Geomorfologi dalam Pengurangan Risiko Bahaya Lahar. *Prosiding Mitigasi Bencana Lahar Gunungapi Merapi Pasca Erupsi 2010*.
- Sadwandaru dkk. 1998. *Laporan Efektivitas Slit Sabo dam Di Lapangan*. Bagian Proyek Pusat Latihan dan Pengembangan Teknik Sabo. Yogyakarta
- Schilling, S.P., 1998, LAHARZ : GIS Programs for Automated Mapping of Kahar Inundation Hazards Zones. U.S. Departement of the Interior, *U.S. Geological Survey Open File Report* 98-638, Vancouver, Washington, 1998, 79 p.
- 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.