

PENGARUH ERUPSI MERAPI 2010 TERHADAP ASPEK LINGKUNGAN DAN SOSIAL : STUDI KASUS DI SUNGAI CODE

Jazaul Ikhsan¹, Danang Iriawan²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

²Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Email: jazaul.ikhsan@umy.ac.id

Abstrak

Pasca erupsi Gunung Merapi 2010, sedimen hasil letusan terendapkan di lereng gunung tersebut. Ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi, banjir lahar terjadi di sungai-sungai yang berhulu di lereng Merapi. Salah satu sungai yang sering mengalami banjir lahar tersebut adalah Sungai Code. Banjir lahar telah memberikan dampak pada aspek lingkungan dan sosial. Oleh sebab itu diperlukan suatu kajian untuk mengetahui pengaruh lahar dingin terhadap aspek lingkungan dan sosial di Sungai Code, sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan sedimen. Parameter yang digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan sungai adalah morfologi sungai, porositas sedimen permukaan dasar sungai dan angkutan sedimen. Metode Ronsgen digunakan untuk menentukan kondisi morfologi sungai. Untuk menghitung porositas sedimen permukaan dasar sungai digunakan persamaan yang diusulkan oleh Sulaiman. Persamaan Einstein digunakan untuk menghitung angkutan sedimen pada titik yang ditinjau. Untuk mengetahui dampak pada aspek sosial, ditinjau kerusakan lahan dan kegiatan penambangan pasir. Lokasi penelitian di Jembatan Sarjito, Jembatan Gondolayu, Jembatan Tungkak dan pertemuan Sungai Code-Opak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe morfologi di Jembatan Sarjito, Jembatan Gondolayu, Jembatan Tungkak dan pertemuan Sungai Code-Opak secara berurutan adalah B5c, F5, F5 dan F6. Nilai porositas sedimen permukaan dasar sungai adalah 15,61% di Jembatan Sarjito; 24,21% di Jembatan Gondolayu; 28,73% di Jembatan Tungkak dan 29,14% di pertemuan Sungai Code-Opak. Angkutan sedimen di Jembatan Sarjito, Jembatan Gondolayu, Jembatan Tungkak dan pertemuan Sungai Code-Opak adalah 0,028; 6,28 ton/hari; 1,167 ton/hari dan 0,406 ton/hari. Kegiatan penambangan pasir yang paling aktif dilakukan di lokasi Jembatan Tungkak, dibandingkan dengan 3 lokasi yang lain. Sedangkan untuk kerusakan lahan karena banjir lahar terjadi pada pias Jembatan Tungkak dan pertemuan Sungai Code-Opak. Aplikasi teknologi yang bisa dilakukan untuk meminimalisir dampak negative sedimen adalah pembuatan bangunan pengontrol sedimen, pengerukan, perkuatan tebing dan penambangan pasir.

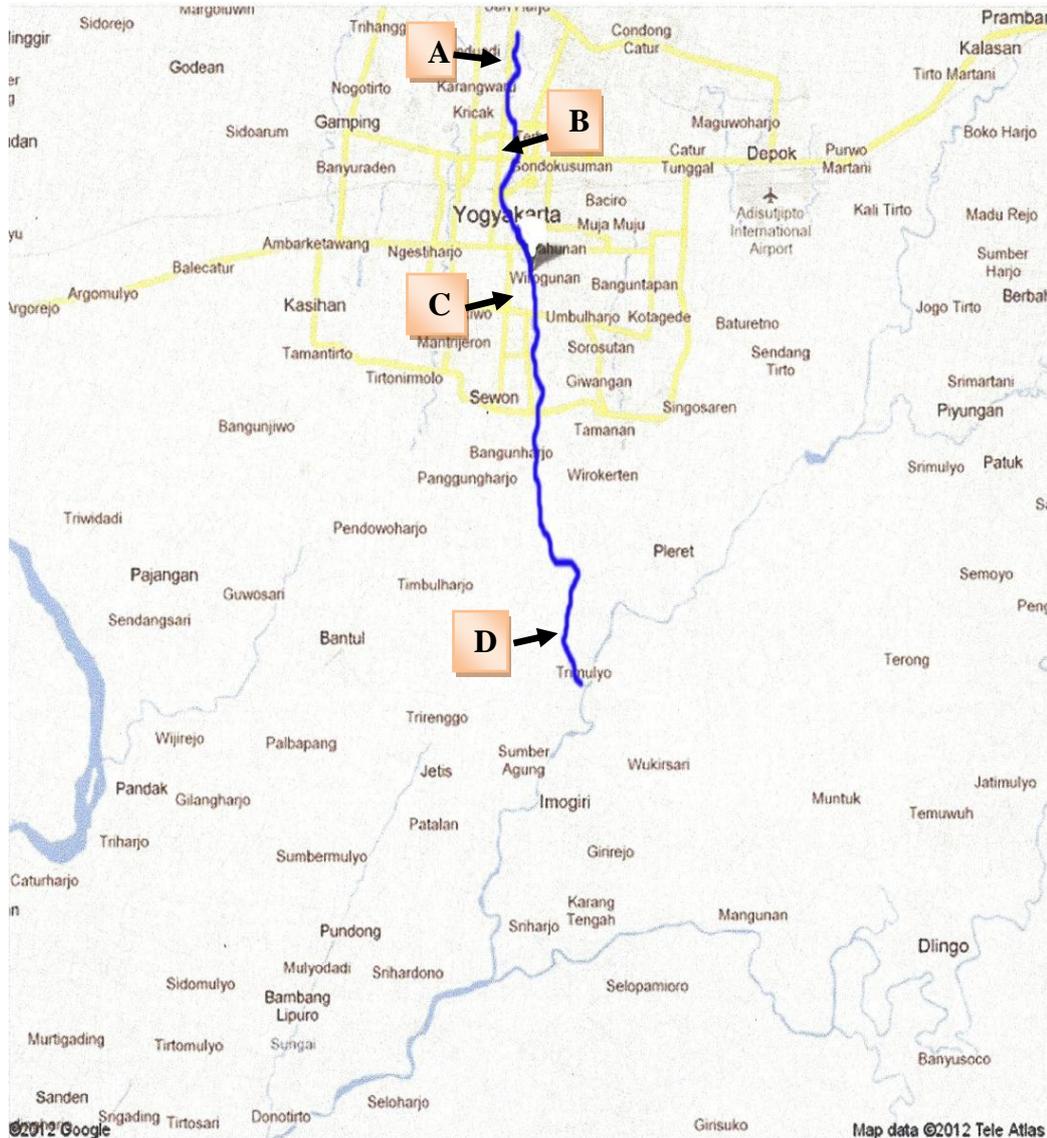
Kata kunci: Erupsi Merapi; Sungai Code; lingkungan; sosial

Pendahuluan

Aliran sungai berasal dari daerah gunung api biasanya membawa material vulkanik dan kadang-kadang dapat terendap di sembarang tempat sepanjang alur sungai tergantung kecepatan aliran dan kemiringan sungai yang curam (Soewarno, 1991). Pasca erupsi Merapi 2010, mayoritas sungai yang berhulu di Gunung Merapi menyimpan endapan yang berpotensi menjadi lahar dingin dalam jumlah yang sangat banyak. Sungai Code adalah salah satu sungai yang melintasi Kota Yogyakarta yang berpotensi dialiri lahar dingin. Sungai ini berhulu di Sungai Boyong yang dipenuhi endapan hasil erupsi 2010, sehingga kondisi ini dapat membahayakan penduduk yang tinggal di bantaran Sungai Code. Daerah Aliran Sungai Code melintasi tiga wilayah kabupaten/kota yaitu: Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Sistem Sungai Code terdiri dari Sungai Boyong (sebelah hulu) dan Sungai Code (sebelah hilir). Letak Sungai Code ditunjukkan pada Gambar 1. Dampak banjir lahar ini akan mempengaruhi kondisi lingkungan Sungai Code dan sosial di sepanjang sungai tersebut, apalagi Sungai Code melewati Kota Yogyakarta. Oleh sebab itu diperlukan suatu kajian untuk mengetahui pengaruh lahar dingin terhadap aspek lingkungan dan sosial di Sungai Code, sebagai dasar pertimbangan dalam penentuan aspek teknis dalam sistem pengelolaan sedimen, sehingga dampak negatif dari sedimen dapat dihindari dan dampak positif dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui atau mengevaluasi aspek lingkungan sungai adalah morfologi sungai, porositas sedimen permukaan dasar sungai dan angkutan sedimen. Untuk menentukan kondisi morfologi sungai maka metode Ronsgen digunakan sebagai dasar penilaiannya. Porositas sedimen permukaan dasar sungai

diperkirakan dengan menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Sulaiman (2008). Persamaan Einstein digunakan untuk menghitung angkutan sedimen pada titik yang ditinjau. Sedangkan untuk mengetahui dan mengevaluasi dampak pada aspek sosial, kerusakan lahan dan kegiatan penambangan pasir digunakan sebagai parameter. Lokasi penelitian dilakukan pada empat titik tinjauan, yaitu Jembatan Sarjito (A), Jembatan Gondolayu (B), Jembatan Tungkak (C) dan pertemuan Sungai Code-Opak (D), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Erupsi Merapi 2010

Letusan Gunung Merapi terus menerus terjadi pada hari Selasa 26 Oktober 2010 sampai mencapai puncaknya pada tanggal 5 November 2010. Sejak tanggal 3 November 2010, Gunung Merapi meletus tanpa jeda dengan energi yang luar biasa hingga tanggal 5 November 2010. Semburan gas dan material vulkanik menyebabkan terbentuknya kolom asap letusan setinggi hingga 8 km. Pada letusan-letusan sebelumnya kawasan kaki Gunung Merapi hanya mendapat kiriman hujan debu, pada letusan Gunung Merapi 2010 material kerikil berjatuhan hingga mencapai Muntilan (Magelang, Jawa Tengah) dan Ngaglik (Sleman, DIY). Hujan pasir menerpa kota Yogyakarta. Letusan juga menyebabkan hujan debu yang sangat deras di kota Kebumen (Jawa Tengah), yang berjarak 90 km di sebelah barat Gunung Merapi. Hujan debu cukup deras bagi kota Kebumen dalam 27 tahun terakhir setelah letusan Gunung Galunggung tahun 1983 silam.

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 yang lalu adalah letusan terbesar jika dibandingkan dengan erupsi terbesar Gunung Merapi yang pernah ada dalam sejarah yaitu tahun 1872. Salah satu indikator yang digunakan untuk menentukan besar indeks letusan adalah dari jumlah material vulkanik yang telah dilontarkan. Pada letusan 1872,

jumlah material vulkanik yang dilontarkan oleh Gunung Merapi selama proses erupsi mencapai 100 juta m³. Sementara itu, jumlah material vulkanik yang telah dimuntahkan Gunung Merapi sejak erupsi pada Oktober 2010 hingga sekarang diperkirakan telah mencapai sekitar 150 juta m³.

Bahaya Gunung Merapi tidak hanya bahaya primer (lava pijar dan awan panas) saja, tetapi juga bahaya sekunder (lahar dingin). Pada musim penghujan material vulkanik menyebar dan mengalir dengan cepat melalui aliran sungai sebagai lahar dingin yang mempunyai daya rusak yang sangat besar sehingga mengakibatkan kerusakan serta kerugian yang cukup besar baik moril berupa nyawa manusia, maupun materi berupa infrastruktur, bangunan pengendali lahar dingin (*sabo dam*), lahan pertanian, perumahan, hewan ternak dan lain-lain. Hingga saat ini material vulkanik yang hanyut terbawa banjir lahar dingin mencapai hampir 50 juta m³, sisanya 100 juta m³ menjadi ancaman setiap hujan deras.

Parameter Lingkungan dan Sosial

Parameter lingkungan sungai dalam penelitian ini menggunakan parameter morfologi, porositas dan angkutan sedimen. Sedangkan parameter sosial digunakan kegiatan penambangan pasir dan kerusakan lahan di sepanjang sungai.

1. Morfologi

Morfologi sungai merupakan hal yang menyangkut kondisi fisik sungai tentang geometri, jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Dalam menentukan morfologi sungai maka harus diketahui beberapa faktor yang menjadi ciri khas pada sungai tersebut. Langkah-langkah yang digunakan dalam menentukan morfologi sungai menurut Rosgen (1996):

a. Entrenchment Ratio

Entrenchment Ratio adalah rasio hubungan antara lebar aliran banjir (W_{fpa}) terhadap lebar aliran sungai (W_{bkf}). Untuk studi saat ini tidak menggunakan alat *waterpass*, namun hanya digunakan alat meteran dalam melakukan pengukuran. Cara perhitungan dalam menentukan *Entrenchment Ratio* adalah sebagai berikut:

$$\text{Entrenchment Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran banjir } (W_{fpa})}{\text{Lebar aliran sungai } (W_{bkf})} \quad (1)$$

Keterangan :

W_{fpa} = lebar aliran banjir (*flood-prone area width*)

W_{bkf} = lebar aliran sungai (*bankfull surface width*)

b. Width/Depth Ratio (W/D Ratio)

Width/Depth Ratio adalah rasio hubungan antara lebar aliran sungai (W_{bkf}) terhadap kedalaman sungai (d_{bkf}). Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Width Depth Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran sungai } (W_{bkf})}{\text{Kedalaman aliran sungai } (d_{bkf})} \quad (2)$$

Keterangan :

W_{bkf} = lebar aliran sungai (*bankfull surface width*)

d_{bkf} = kedalaman aliran sungai (*bankfull mean depth*)

c. Kemiringan sungai (slope)

d. Material dasar sungai "D₅₀"

D₅₀ adalah diameter pada 50 persen dari populasi sampel yang dikumpulkan lalu diamati sehingga mewakili diameter partikel di lokasi tersebut.

2. Porositas

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara. Ruang pori tanah ialah bagian yang diduduki oleh udara dan air, jumlah ruang pori ini sebagian besar ditentukan oleh susunan butir – butir padat. Menurut Sulaiman (2008), untuk menghitung nilai porositas sedimen dasar sungai dilakukan dengan langkah-langkah berikut. Pertama, material dasar di setiap titik yang mewakili bagian atas, tengah dan bawah diayak untuk mendapatkan distribusi ukuran butir. Selanjutnya, jenis distribusi ukuran butir ditentukan berdasarkan nilai parameter γ dan β , yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \quad (4)$$

dengan:

- γ dan β = parameter geometrik
- d_{max} = diameter maksimal
- d_{min} = diameter minimal
- d_{peak} = ukuran butir puncak
- d_{50} = diameter pada 50 % dari populasi sampel yang diamati

Setelah nilai-nilai γ dan β diketahui, jenis distribusi ukuran butir dapat ditemukan dengan menggunakan diagram diusulkan oleh Sulaiman (2008), seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya, nilai porositas dihitung dengan persamaan berikut:

a. Distribusi lognormal

$$\sigma_1^2 = \sum_{j=1}^N (Ind_j - Ind)^2 P_{sj} \quad (5)$$

dengan :

$$\gamma = (0,1561) \text{ jika } 1 < \sigma \quad (5a)$$

$$\gamma = (0,0465\sigma) + (0,2258) \text{ jika } 1,25 < \sigma < 1,5 \quad (5b) \quad \gamma =$$

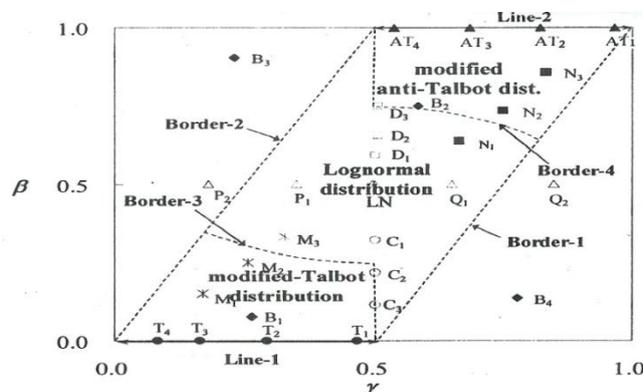
$$(-0,141\sigma) + (0,3445) \text{ jika } 1 < \sigma < 1,25 \quad (5c)$$

$$\gamma = (-0,105\sigma) + (0,3088) \text{ jika } 0,75 < \sigma < 1,0 \quad (5d)$$

$$\gamma = (-0,1871\sigma) + (0,3698) \text{ jika } 0,5 < \sigma < 0,75 \quad (5e)$$

Keterangan :

- σ = standar deviasi
- d = diameter butir
- j = kelas ukuran butir
- p_{sj} = proporsi kelas j
- γ = porositas



Gambar 2 Diagram untuk menentukan tipe distribusi ukuran butiran (Sulaiman, 2008).

b. Distribusi M Tallbot

$$n_T(x\%) = \frac{\ln(f(D_{x\%}))}{\ln\left(\frac{\log D_{x\%} - \log D_{min}}{\log D_{max} - \log D_{min}}\right)} \quad (6)$$

$$n_T = \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + n_T(50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \quad (6a)$$

$$100 < d_{maks}/d_{min} = \gamma = 0,0125 n_T + 0,3 \quad (6b)$$

$$100 \leq d_{maks}/d_{min} = \gamma = 0,0125 n_T + 0,3 \quad (6c)$$

$$d_{maks}/d_{min} \geq 1000 = \gamma = 0,0125 n_T + 0,15 \quad (6d)$$

dengan:

$f(D)$ = persen kumulatif butiran halus
 n_T = angka Talbot

3. Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen atau *transport sediment* merupakan suatu peristiwa terangkutnya material oleh aliran sungai. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Bentuk, ukuran dan beratnya partikel material tersebut akan menentukan jumlah besaran angkutan sedimen. Terdapat banyak rumus-rumus untuk menghitung besarnya angkutan sedimen, salah satunya dengan menggunakan rumus Einstein (Kironoto, 1997). Einstein menetapkan persamaan muatan dasar sebagai persamaan yang menghubungkan material dasar dengan pengaliran setempat (*local flow*). Persamaan itu menggambarkan keadaan seimbang dari pada pertukaran butiran dasar antara lapisan dasar (*bed layer*) dan dasarnya. Einstein menggunakan d_{35} sebagai parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran digunakan d_{65} . Dalam menentukan besarnya angkutan sedimen dengan menggunakan rumus Einstein, data yang diperlukan antara lain: debit aliran (Q), lebar saluran/sungai (B), kemiringan dasar sungai (S), gradasi ukuran butir dari hasil analisis saringan dan viskositas air/kekentalan air (ν).

4. Kegiatan Penambangan Pasir dan Kerusakan Lahan

Banjir lahar dingin akan menimbulkan dampak negatif dan positif. Dampak negatif yang sering terjadi adalah kerusakan lahan di sepanjang sungai akibat erosi. Dengan adanya kerusakan lahan, hal ini akan menyebabkan terganggunya aspek sosial masyarakat, seperti masyarakat kehilangan lahan pertanian, pemukiman dan lain-lain. Meskipun demikian, banjir lahar juga membawa dampak positif, seperti tersedianya potensi material yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan galian, sehingga kegiatan penambangan bisa meningkatkan ekonomi masyarakat.

Metode Penelitian

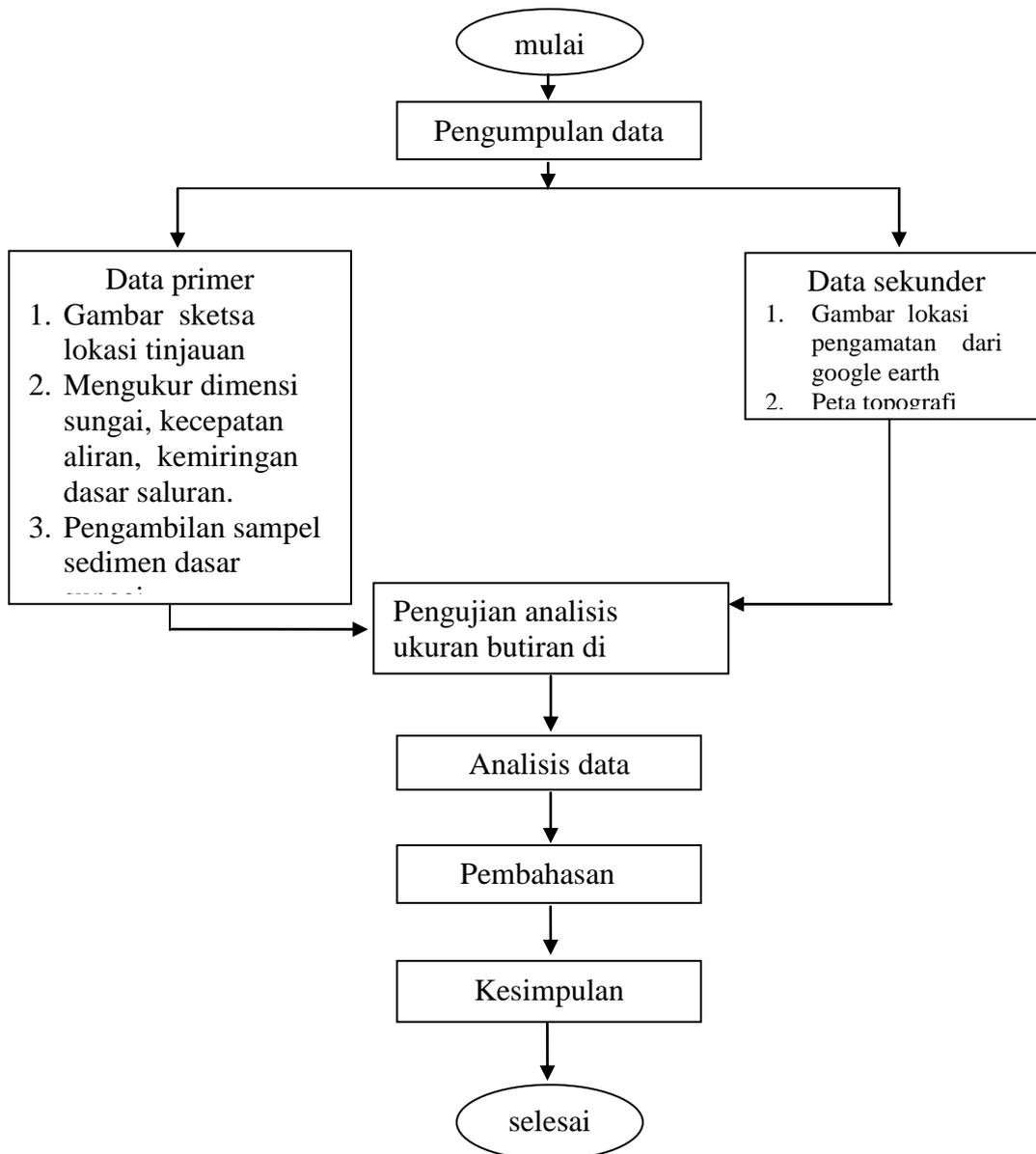
Tahapan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh banjir lahar pada Sungai Code, terhadap kondisi lingkungan dan sosial ditunjukkan pada Gambar 3. Parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh banjir lahar terhadap kondisi lingkungan adalah morfologi sungai, porositas sedimen dasar sungai dan angkutan sedimen yang terjadi. Penentuan morfologi sungai digunakan metode Rosgen (1996), porositas sedimen menggunakan rumus dari Sulaiman (2008) dan untuk menentukan besarnya angkutan sedimen dasar Sungai Code dengan rumus Einstein.

Tabel 1. Lokasi penelitian

No	Lokasi	Elevasi	koordinat
1.	Jembatan Sarjito	+121 m	S 07°45'44,7" E 110°22'13,3"
2.	Jembatan Gondolayu	+117 m	S 07°46'59,5" E 110°22'15,6"
3.	Jembatan Tungkak	+111 m	S 07°48'58,9" E 110°22'28"
4.	Pertemuan Code-Opak	+85 m	S 07°53,36,2" E 110°23'11"

Data yang diperlukan meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei langsung di lapangan dan pengujian sampel di laboratorium. Data yang diukur di lapangan meliputi pengukuran tampang melintang dan tampang memanjang sungai Code berupa lebar saluran sungai, lebar banjiran, lebar aliran, lebar banjiran, lebar bantaran kanan, lebar bantaran kiri, kedalaman aliran, kecepatan aliran, tinggi tebing kanan, tinggi tebing kiri, kemiringan sungai persegmen 200 m, serta kegiatan penambangan pasir di titik tinjauan.

Pengambilan data pada Sungai Code dilakukan selama 2 hari yaitu pada tanggal 10 Juli 2011 dan 11 Juli 2011. Lokasi yang ditinjau adalah sepanjang Sungai Code dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Morfologi

Pengamatan di segmen 1, yaitu di Jembatan Sarjito, diperoleh hasil sebagai berikut. Dari hasil pengukuran diperoleh data lebar aliran sungai 14,4 m; lebar banjir 25 m; kedalaman aliran 0,23 m, dan kemiringan saluran 0,0171. Dari perbandingan antara lebar aliran banjir terhadap lebar aliran sungai didapat *Entrenchment Ratio* 62,6. Sehingga aliran sungai di lokasi 1 menurut Dave Rosgen bertipe B5c dengan material dasar sungai didominasi kerikil berpasir. Pengamatan di segmen 2 yaitu di Jembatan Gondolayu, dari hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 19,8m, lebar banjir 26,98 meter, kedalaman aliran 0,49 meter, dan kemiringan saluran 0,00605. Dari perbandingan antara lebar aliran banjir terhadap lebar aliran sungai didapat *Entrenchment Ratio* 40,4 maka aliran sungai di lokasi 2 termasuk kriteria bertipe F5. Pengamatan di segmen 3 yaitu di titik Jembatan Tungkak, titik ini memiliki aliran air yang dangkal dan terdapat aktifitas penambangan pasir. Hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 27,3 m, lebar banjir 28,3 m, kedalaman aliran 0,166m, dan kemiringan saluran 0,0132. Dari perbandingan antara lebar aliran banjir terhadap lebar aliran sungai didapat *Entrenchment Ratio* 164,457 maka aliran sungai di lokasi 3 termasuk kriteria bertipe F5. Sedangkan pengamatan di segmen 4 yaitu di titik pertemuan sungai Code-Opak. Hasil pengukuran diperoleh lebar aliran sungai 8,5m, lebar banjir 32,2m, kedalaman aliran 0,35m, dan

kemiringan saluran 0,01625. Dari perbandingan antara lebar aliran banjir terhadap lebar aliran sungai diperoleh *Entrenchment Ratio* 24,285, maka aliran sungai di lokasi 4 termasuk kriteria bertipe C6.

2. Porositas Sedimen Permukaan Dasar Sungai

Berdasarkan analisis distribusi butiran material permukaan dasar sungai, untuk titik Jembatan Sarjito mempunyai nilai parameter $\gamma = 0,637$ dan $\beta = 0,863$. Berdasarkan nilai tersebut, distribusi butiran material di titik ini termasuk tipe log normal. Nilai porositas sampel sedimen ini berdasarkan rumusan yang diajukan Sulaiman (2008), sebesar 0,1561 atau 15,61%. Nilai parameter γ dan β distribusi ukuran butiran di titik Jembatan Gondolayu, masing-masing sebesar 0,644 dan 0,563. Berdasarkan nilai γ dan β ini, maka distribusi sedimen permukaan dasar sungai di segmen ini dikategorikan tipe log normal, dengan nilai porositasnya sebesar 0,2421 atau 24,21%. Untuk titik jembatan Tungkak, nilai parameter γ dan β distribusi ukurannya sebesar 0,521 dan 0,563, sehingga dikategorikan tipe log normal. Porositas distribusi materialnya sebesar 0,2873 atau 28,73%. Nilai parameter γ dan β distribusi ukuran butiran di titik pertemuan, masing-masing sebesar 0,223 dan 0,0996. Berdasarkan nilai γ dan β ini, maka distribusi sedimen permukaan dasar sungai di segmen ini dikategorikan tipe M Talbot, dengan nilai porositasnya sebesar 0,2914 atau 29,14%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai porositas sedimen permukaan dasar sungai mempunyai kecenderungan semakin besar dari hulu ke hilir. Secara umum, tipe distribusi sedimen dasar sungai bertipe log normal, kecuali di titik pertemuan Sungai Code-Opak.

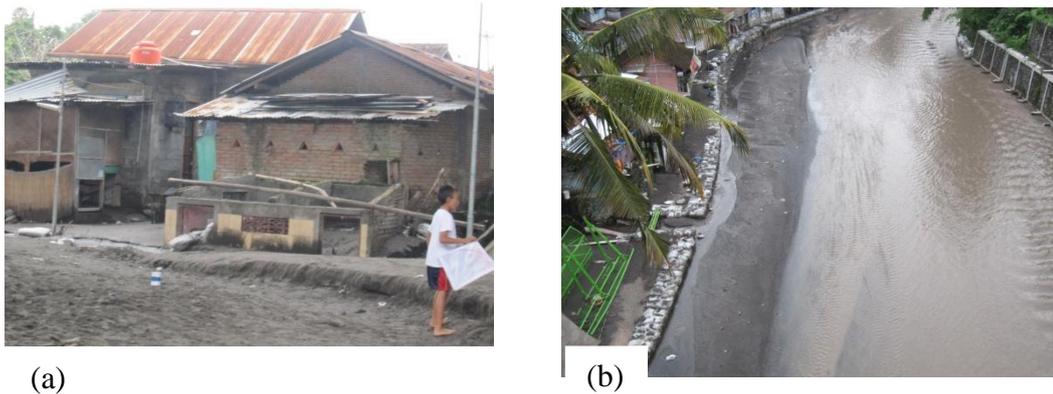
3. Angkutan Sedimen

Hasil analisis kapasitas angkutan sedimen dasar (*bed load*) pada Sungai Code pasca erupsi Gunung Merapi 2010 dengan menggunakan metode Einstein sebesar 0,028 ton/hari di titik Jembatan Sarjito. Di segmen ini, sedimennya berupa material dengan dominasi material kasar, sehingga angkutan sedimennya relatif kecil dibandingkan di titik pengamatan yang lain. Debit aliran di lokasi ini sebesar 3,068 m³/s. Angkutan sedimen di titik Jembatan Gondolayu sebesar 0,628 ton/hari dan debit alirannya sebesar 6,68 m³/s. Angkutan sedimen di titik Jembatan Tungkak sebesar 1,167 ton/hari dan debit alirannya sebesar 2,896 m³/s. Sedangkan angkutan sedimen di titik pertemuan Sungai Code-Opak sebesar 0,406 ton/hari dan debit alirannya sebesar 2,938 m³/detik. Jika dibandingkan antara fenomena angkutan sedimen di segmen 1 dan 2, terjadi perbedaan yang signifikan. Angkutan sedimen di titik Jembatan Gondolayu lebih besar dibandingkan dengan angkutan sedimen di titik Jembatan Sarjito. Hal disebabkan oleh karakteristik sedimen dan besaran debit yang berbeda. Di titik 1, angkutan sedimen didominasi dengan material kasar, sedangkan di titik 2 didominasi dengan material halus. Perbedaan ini disebabkan karena di titik 1, kemiringannya lebih besar dan diameter sedimennya lebih besar. Sehingga di segmen antara Jembatan Sarjito dan Jembatan Gondolayu mempunyai potensi erosi. Pada segmen antara Jembatan Gondolayu dan Jembatan Tungkak berpotensi terjadi sedimentasi/pengendapan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai angkutan sedimen di Jembatan Tungkak lebih kecil dibandingkan di Jembatan Gondolayu. Demikian juga pada segmen Jembatan Tungkak dan pertemuan Sungai Code-Opak terjadi sedimentasi, meskipun tidak sebesar pada segmen Jembatan Gondolayu-Jembatan Tungkak.

4. Kondisi Lahan dan Penambangan Pasir

Kondisi kerusakan lahan di sepanjang Sungai Code pada daerah yang ditinjau dan kegiatan penambangan pasir digunakan sebagai parameter untuk menilai dampak banjir lahar pasca erupsi Merapi 2010. Berdasarkan pengamatan, di sepanjang segmen Jembatan Sarjito sampai Jembatan Tungkak tidak terjadi kerusakan lahan yang berarti. Hal ini disebabkan karena Sungai Code pada segmen ini telah diperkuat tebing kanan-kirinya. Tetapi banjir lahar telah menyebabkan beberapa pemukiman tertimbun material sedimen, sehingga beberapa rumah mengalami kerusakan dan penduduk harus mencari lokasi pemukiman yang baru sampai perbaikan selesai. Kondisi yang paling serius ditemukan di segmen Jembatan Gondolayu-Jembatan Tungkak, karena wilayah ini merupakan wilayah yang padat penduduknya. Gambar 4 menunjukkan salah satu kondisi dampak lahar dingin di lokasi Jembatan Gondolayu. Pada segmen Jembatan Tungkak-pertemuan Sungai Code-Opak, beberapa tebing sungai mengalami longsor dan beberapa lahan pertanian penduduk berkurang luasnya.

Kegiatan penambangan pasir bisa dijumpai di semua titik tinjauan, meskipun dalam jumlah yang tidak besar. Kegiatan penambangan pasir yang paling intensif dijumpai di Jembatan Tungkak. Seperti yang diuraikan di penjelasan angkutan sedimen di atas, pada pias Jembatan Gondolayu-Jembatan Tungkak terjadi sedimentasi. Akibatnya pada segmen ini sangat mudah diperoleh sedimen. Di samping jumlah sedimen yang melimpah, akses transportasi juga mudah, sehingga mendukung kegiatan penambangan pasir. Secara teknis, kegiatan penambangan pasir akan bermanfaat untuk mengurangi potensi banjir, selama kegiatan penambangan terkendali. Di samping itu, kegiatan penambangan juga menyediakan lapangan pekerjaan dan sumber income baru bagi masyarakat. Gambar 5 menunjukkan kegiatan penambangan pasir di lokasi Jembatan Tungkak.



Gambar 4. Dampak lahar dingin: (a) rumah penduduk terkubur sedimen, (b). Agradasi dasar sungai



Gambar 5. Kegiatan penambangan pasir di lokasi Jembatan Tunggak

5. Aplikasi Teknologi Untuk Pengurangan Dampak Negatif Sedimen

Untuk mengurangi dampak negatif sedimen di Sungai Code, beberapa kegiatan yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut:

- Membuat bangunan pengendali sedimen di daerah hulu, seperti sabo dam dan kantong pasir, sehingga banjir lahar di daerah yang padat pemukiman bisa diminimalisir.
- Melakukan kegiatan penambangan untuk mengurangi potensi banjir pada daerah yang mengalami sedimentasi. Cara yang bisa dilakukan dengan pengerukan menggunakan alat berat atau penambangan tradisional oleh masyarakat.
- Membuat perkuatan tebing secara struktural maupun alami untuk mengurangi bahaya longsor tebing yang disebabkan oleh erosi.

Kesimpulan

Hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa telah terjadi perubahan lingkungan sungai pasca erupsi Merapi 2010. Angkutan sedimen di Jembatan Gondolayu menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan titik tinjauan yang lain. Nilai porositas material permukaan dasar sungai mempunyai kecenderungan semakin besar. Material permukaan dasar sungai di daerah hulu didominasi oleh material halus, sedangkan di daerah hulu didominasi material kasar.

Daftar Pustaka

- Kironoto, B. A., (1997), "*Hidraulika Transpor Sedimen*", Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.
Rosgen, D., (1996), "*Applied River Morphology*", Wetland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado
Soewarno, (1991), "*Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*".
Sulaiman, M., (2008), "*Study on porosity of sediment mixtures and a Bed-porosity Variation model*, PhD Thesis, Department of Civil and Resources Engineering, Kyoto University, Japan