

Tinjauan Infrastruktur dan Sempadan Sungai Pada Wilayah Rentan Terdampak Banjir Lahar Dingin di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Pabelan

Overview of Infrastructure and Riparian Area in Vulnerable Areas Affected by Debris Flow in Kali Pabelan Watershed

Fadhillah Hayat Nasution, Jazaul Ikhsan
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Banjir lahar adalah dampak berikutnya dari erupsi gunung berapi, lahar yang terjadi disekitar gunung berapi tersebut akan terbawa turun melalui lereng gunung ketika terjadinya curah hujan dengan intensitas tinggi. Kali Pabelan adalah salah satu sungai yang terkena dampak lahar dingin. Lahar dingin memiliki daya rusak yang sangat besar karena dapat merusak infrastuktur sekitar, sehingga dapat merusak infrastruktur di wilayah sungai dan dapat membahayakan lingkungan masyarakat yang tinggal pada daerah sempadan sungai. Sempadan sungai difungsikan untuk mempertahankan kegiatan perlindungan, pengendalian serta penggunaan atas sumber daya yang terdapat pada sungai agar dapat berjalan sesuai dengan tujuannya. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kesesuaian keadaan daerah sempadan Kali Pabelan dengan peraturan yang ada. Metode yang di gunakan di antaranya dengan survei lapangan yang di bantu dengan aplikasi *Survey123 for ArcGIS* dan olah data menggunakan *software ArcGIS*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah sempadan Sungai Pabelan 50 m didominasi oleh sawah yang memiliki luas 1,294 km² dan persentase 79%. Infrastruktur yang berada di daerah aliran sungai (DAS) Sungai Pabelan berada dalam kondisi baik, akan tetapi dinding penahan tanah dari beberapa wilayah sungai masih perlu perbaikan bahkan beberapa tidak memiliki dinding penahan tanah. Untuk perkiraan jumlah penduduk yang masuk pada area sempadan 50 meter Sungai Pabelan adalah sebanyak 3065 jiwa. Dari hasil survei lapangan di dapatkan 17 infrastruktur sungai di sepanjang Sungai Pabelan di antaranya 10 jembatan, 4 bendung, dan 3 sabo dam dengan kondisi masih cukup baik.

Kata-kata kunci : Banjir lahar dingin, Infrastruktur sungai, Sempadan sungai, Sungai Pabelan

Abstract. Debris Flows are the next impact of volcanis eruption, lava that accurs around the volcano will be carried down through the mountain slopes when high intensity rainfall accurs. Pabelan River is one of the rivers affected by debris flow. Cold damage the surrounding infrastructure, so it can damage the infrastructure in the riparian area and can endanger the environment of the people who live in the river boundary is functioned to maintain protection activities, using the resources contained in the river so that it can run accourding toits purpose. The purpose of this study is to examine the suitability of the Kali Pabelan riparian area with existing regulation. The methods use include the field survey which is supported by the *Survey123 for ArcGIS* application and if the data is using *ArcGIS* software. The results showed that the riparian area of the 50 m Pabelan River was dominated by rice fields which had an area of 1,294 Km² and a percentage of 79%. Infrastructure in Pabelan River watershed is in good condition, but the retaining walls of some river areaa still need repair and some do not have retaining wall. for an estimate of the total population entering the 50 m riparian area of the Pabelan River, there are 3065 inhabitants. From the results of the field survey, 17 river infrastructures along the Pabelan river were obtained, including, 10 bridges, 4 dams, and 3 sabo dams with relatively good conditions.

Keywords : Debris Flow, Pabelan river, Riparian border, River infrastructure

1. Pendahuluan

Banjir lahar dingin adalah bencana sekunder dimana bencana tersebut terjadi setelah beberapa waktu gunung api meletus. Bencana tersebut dipicu dari intensitas hujan yang tinggi

sehingga menyebabkan banjir yang mampu mengangkut material erupsi gunung api mengikuti alur sungai. Dikarenakan kemungkinan adanya permukiman di area sungai, maka permukiman tersebut menjadi zona rawan terkena arus banjir lahar dingin sehingga warga di permukiman

tersebut harus segera di evakuasi setelah erupsi gunungapi (Ardana dan Purwanto. 2013).

Dikawasan barat gunung merapi, di daerah Magelang Kali Pabelan dan Kali Putih kemudian bergabung dengan Kali Progo, sedangkan Kali Krasak bergabung dengan Kali Progo di daerah Sleman. Pada sungai-sungai tersebut diperkirakan jumlah material vulkanik yang terbawa banjir lahar dingin yang lalu mencapai 30,8 juta m³, dengan rincian Kali Pabelan 20,8 juta m³, Kali Putih 8,2 juta m³, dan Kali Krasak 10,8 juta m³. Sungai-sungai tersebut berpotensi kembali terkena banjir lahar dingin (Ikhsan dan Wicaksono, 2012).

Kali Pabelan adalah sungai yang terbesar angka banjir lahar dinginnya dibandingkan dengan Kali Putih dan Kali Krasak. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian infrastruktur dan sempadan pada Kali Pabelan pada wilayah yang rentan terkena banjir lahar dingin. Adapun beberapa upaya yang dilakukan yaitu ; mengetahui daerah aliran sungai Kali Pabelan, memahami wilayah yang berpotensi terkena banjir lahar dingin yang berada di sepanjang bantaran Kali Pabelan, dan *survey* ke lapangan menggunakan aplikasi *Survey 123 for Arcgis*.

Aplikasi *Survey 123 for Arcgis* merupakan aplikasi yang dapat membantu *surveyor* dalam proses pengumpulan data dengan cepat dan akurat, sehingga tidak menghabiskan banyak waktu. Tidak hanya bagi *surveyor* yang mengumpulkan data, namun dapat juga mempersilahkan masyarakat untuk ikut berkontribusi mengumpulkan data bersama. Kelebihan aplikasi *Survey 123 for Arcgis* diantaranya ; mudah diatur dan digunakan, dapat membuat *form* berisi pertanyaan seputar *survey* yang akan lakukan dilapangan sehingga kelompok *surveyor* mudah mengisinya, dapat di *shared URL* hasil *survey* kepada semua orang untuk mendapatkan informasi dari hasil *survey* tersebut, data berupa angka yang didapat dapat langsung di akses ke *Microsoft Excel*, dll.

Banjir Lahar Dingin

Menurut Winarni (2018) Bencana erupsi gunung berapi selain mengeluarkan awan panas juga akan memproduksi material-material vulkanik dari lahar. Lahar berada disekitar gunung berapi tersebut akan terbawa turun melalui lereng gunung ketika hujan deras turun. Banjir lahar yang terjadi berpotensi menghasilkan tenaga yang cukup besar untuk mengangkur material yang berada pada lereng gunung berapi. Material-material yang terangkut berupa pasir, krikil bahkan bongkahan-bongkahan batu yang cukup besar.

Lavigne dan Thouret, (2003) menyatakan bahwa ada tiga faktor yang dapat menyebabkan terjadinya banjir lahar dingin diantaranya adalah volume material *pyroclastic* yang terkumpul atau mengendap pada sungai, intensitas hujan yang tinggi, dan laju infiltrasi yang rendah.

Sungai

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang mempunyai manfaat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 tentang penetapan sempadan sungai dan garis sempadan danau menjelaskan bahwa sungai alur wadah alur air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya , mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.

Berdasarkan kontribusinya terhadap air tanah, Mulyandari. (2011) mendeskripsikan bahwa sungai dibedakan menjadi 2, yaitu :

1) Effluent Stream (Sungai Effluent)

Sungai ini merupakan sungai yang tidak mencemari sumur-sumur warga yang berada di sekitarnya, hal ini di sebabkan karena sungai mendapatkan imbuhan air dari air tanah dan sumur-sumur sekitarnya bahkan memberikan airnya ke sungai tersebut

2) Sungai Influent (Influent Stream)

Sungai influent merupakan sungai mencemari sumur-sumur penduduk, karena sungai ini memberikan imbuhan kepada sumur-sumur sekitar.

Menurut Peraturan Menteri Nomor 63 Tahun 1993, sungai dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sungai besar dan sungai kecil. Peraturan Menteri 63/1993 dikatakan sungai besar jika memiliki luas DAS lebih dari 500 km² (DAS > 500 km²) sedangkan untuk sungai kecil memiliki luas DAS kurang dari 500 km² (DAS < 500 km²) (Yoga, 2018).

Sempadan Sungai

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia 63/PRT/1993 tentang garis sempadan sungai, daerah manfaat sungai, daerah penguasaan sungai dan bekas sungai, garis sempadan merupakan batas yang harus dimiliki oleh sungai itu sendiri agar jika sewaktu musim hujan atau debit sungai tinggi, air sungai tersebut tidak melampaui batas penampang.

Aryastana, dan Si (2017) menjelaskan bahwan sempadan sungai juga merupakan suatu

kawasan yang mempunyai manfaat untuk mempertahankan kegiatan perlindungan, penggunaan dan pengendalian atas sumber daya yang ada pada sungai dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuannya. Mononimbar, 2014 juga mengatakan sempadan sungai untuk wilayah perkotaan harus minimal 3 meter dari kiri dan 3 meter dari kanan (Mononimbar, 2014).

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 63 Tahun 1993 menyebutkan bahwa penetapan garis sempadan sungai merupakan upaya agar kegiatan perlindungan, penggunaan dan pengendalian sumber daya alam yang ada pada sungai termasuk danau atau waduk dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuannya. Tujuan dari penetapan sempadan sungai adalah :

- a. Tidak terganggunya fungsi dari sungai maupun danau atau waduk oleh aktifitas yang ada pada sekitar.
- b. Pemanfaatan dan upaya peningkatan nilai sumber daya alam yang ada dapat memberikan hasil yang optimal dan dapat menjaga fungsi dari sungai maupun waduk atau danau.
- c. Daya rusak yang ditimbulkan akibat aktifitas di sungai maupun danau atau waduk dapat dibatasi.

Pemanfaatan Sempadan Sungai

Sempadan sungai merupakan suatu kawasan yang harus dimiliki oleh sungai, adapun kegunaan sempadan sungai adalah sebagai lahan resapan air pada saat air sungai tidak dapat tertampung oleh penampang sungai atau ketika air sungai meluap. Seiring berjalannya waktu beberapa masyarakat sekitar sungai menggunakan sempadan sungai sebagai lahan pemukiman, baik bangunan permanen maupun bangunan semi permanen. Pemanfaatan sempadan sungai sering digunakan oleh masyarakat sebagai lahan untuk kegiatan sehari-hari, salah satu contohnya sebagai tempat MCK (mandi cuci kakus) umum disempadan sungai.

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 63/PRT/1993 pasal 11 menjelaskan tentang pemanfaatan daerah sempadan sungai dapat dilakukan oleh masyarakat untuk berbagai kegiatan diantaranya :

- 1) Untuk budidaya pertanian dengan jenis tanaman yang diijinkan.
- 2) Untuk kegiatan niaga, penggalian dan penimbunan.
- 3) Untuk pemasangan papan reklame, papan penyuluhan dan peringatan, serta rambu-rambu pekerjaan.

- 4) Untuk pemasangan rentangan kabel listrik, kabel telepon dan pipa air minum.
- 5) Untuk pemancangan tiang atau pondasi prasarana jalan/jembatan baik umum maupun kereta api.
- 6) Untuk penyelenggaraan kegiatan-kegiatan yang bersifat sosial dan masyarakat yang tidak menimbulkan dampak merugikan bagi kelestarian dan keamanan fungsi serta fisik sungai.
- 7) Untuk pembangunan prasarana lalu lintas air dan bangunan pengambilan dan pembuangan air.

Akan tetapi bagi masyarakat yang akan melakukan kegiatan-kegiatan yang tersebut harus memiliki ijin terlebih dahulu dari pejabat yang berwenang atau pejabat yang ditunjuk olehnya, serta syarat-syarat yang ditentukan.

Menurut Sari, dan Wirosodarmo. (2014) Lahan merupakan bagian dari bentang alam (*landscape*) yang mencakup pengertian lingkungan fisik termasuk iklim, topografi, tanah, hidrologi, dan keadaan vegetasi alami yang semuanya secara potensial akan berpengaruh terhadap pemanfaatan lahan.

Sunahardi, dkk (2015) mengatakan alih fungsi lahan mengakibatkan adanya perubahan limpasan permukaan (*overlandflow*) dan fluktuasi aliran sungai, konversi lahan akan memberikan pengaruh langsung terhadap total hujan limpasan. Perubahan terjadi berikutnya mengubah lahan pertanian menjadi lahan nonpertanian, sehingga mengakibatkan luas lahan pertanian semakin mengecil, akibatnya perubahan tata guna lahan berdampak negatif, khususnya berdampak pada banjir dan genangan yang cenderung meningkat dari waktu ke waktu.

Penentuan lebar sempadan sungai dijelaskan oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 63/1993 yang dipengaruhi oleh pasang surut. Penentuan lebar sempadan sungai terpengaruh oleh pasang surut telah ditentukan dengan lebar 100 m di hitung dari tepi sungai dan hal ini berlaku bagi sungai dengan kriteria perkotaan maupun kawasan luar perkotaan.

Infrastruktur Sungai

Infrastruktur merujuk pada sistem fisik yang menyediakan transportasi, pengairan, drainase bangunan-bangunan gedung dan fasilitas publik yang lain yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia dalam lingkungan sosial dan ekonomi. Sistem infrastruktur merupakan pendukung penting untuk lingkungan sosial dan ekonomi dalam kehidupan manusia, begitu juga

dengan infrastruktur sungai sangat bermanfaat bagi masyarakat untuk meningkatkan irigasi, pasokan air, dan mempermudah masyarakat berpindah dari daerah satu ke daerah lainnya. Adapun contoh dari infrastruktur sungai tersebut yaitu : jembatan, bendung, bendungan, groundsill, dinding penahan tanah, dan sabo DAM.

GIS (Geographic Information System)

Geographic Information System (GIS) merupakan sebuah teknologi dalam bidang geografis yang dapat menganalisis dan menyebarkan informasi lokasi atau sumber daya alam yang ada suatu wilayah. Sistem informasi geografis adalah sistem berbasis computer yang digunakan untuk memasukan, menyimpan, mengelolah, menganalisis dan mengaktifkan kembali data yang mempunyai referensi keruangan untuk berbagai tujuan yang berkaitan (Heuvelink, dkk 1989).

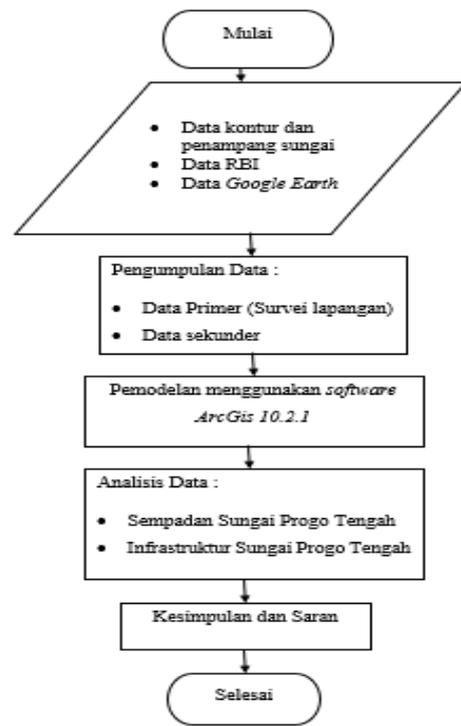
Geographic Information System dapat juga mengetahui perubahan-perubahan atau pengurangan dan penambahan yang terjadi disuatu wilayah, karena kemampuan GIS yang dapat menghubungkan dan menganalisis bahkan memetakan beberapa titik di bumi. Data yang dihasilkan GIS merupakan sebuah data yang memiliki koordinat tertentu. GIS yang digunakan bersama citra satelit dapat dijadikan sebagai alat menentukan morfologi sungai (Alaghmand, dkk 2010).

ArcGIS

ArcGIS merupakan perangkat lunak GIS dari ESRI yang memungkinkan kita memanfaatkan fungsi desktop maupun jaringan. *ArcGIS* memiliki berbagai menu yang dapat digunakan sesuai kebutuhan dalam pengolahan data spasial atau peta yang dapat menghemat waktu dalam pengerjaannya (Alaghmand, dkk. 2010).

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tata urutan sebagai berikut ini yang dijabarkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

- Pengumpulan data sekunder seperti data peta rupa bumi, data lokasi infrastruktur, dan juga data dari instansi terkait.
- Persiapan pelaksanaan survei lapangan. Survei dilakukan dengan bantuan aplikasi *Survey123 for ArcGIS* dengan membuat form nya terlebih dahulu.

Gambar 2 Tampilan Form *Survey123*

- Pelaksanaan survei lapangan. Dalam hal ini peninjauan dilakukan kepada kondisi daerah sempadan sungai dan kondisi infrastruktur yang ada di sungai.
- Analisis data dari pelaksanaan survei lapangan dan pengolahan menggunakan aplikasi *ArcGIS 10.2* untuk analisis sempadan sungai.

3. Hasil dan Pembahasan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Pabelan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Pabelan berada di Provinsi Jawa Tengah yang terbagi di 3 (tiga) wilayah administrasi. Bagian hulu Sungai Pabelan berada di Kecamatan Sawangan, bagian tengah berada di Kecamatan Mungkid dan hilir di Kecamatan Sawangan, Kabupaten Magelang. Pada DAS Sungai Pabelan dibagian hulu terdapat 2 (dua) wilayah Kecamatan yaitu Kecamatan Sawangan di Kabupaten Magelang dan Kecamatan Selo di Kabupaten Boyolali. Di bagian tengah DAS Sungai Pabelan terdapat 1 (satu) wilayah Kecamatan yaitu Kecamatan Mungkid di Kabupaten Magelang. Bagian Hilir DAS terdapat 2 (dua) wilayah Kecamatan yaitu Kecamatan Muntilan dan Kecamatan Borobudur.

Berikut adalah tabel perkiraan jumlah penduduk di DAS Sungai Pabelan.

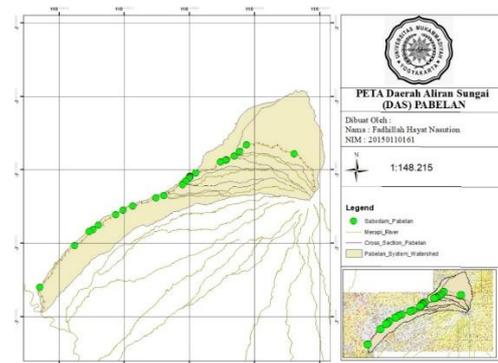
Tabel 1. Jumlah penduduk di DAS Sungai Pabelan

Kecamatan	Kabupaten	Jumlah Penduduk (Jiwa)
Mungkid		79
Muntilan	Magelang	40.063
Dukun		26.413
Sawangan		20.163
Selo	Boyolali	11.170
Jumlah		97.888

Terdapat 97888 jiwa penduduk yang berada didalam DAS Sungai Pabelan.

Geometri Sungai Pabelan

Dari peta Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terdiri dari induk sungai dan anak sungai dari hulu sampai hilir sungai untuk memberikan kejelasan dalam penelitian dengan menggunakan *software ArcGIS 10.2.1*. Penelitian ini dilakukan dengan cara meninjau infrastruktur yang berada di DAS Sungai Pabelan dan kemudian diberikan tanda titik pada infrastrukturnya. Titik penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Peta DAS Sungai Pabelan (PPK PLG)

Hasil Asemen Infrastruktur Sungai Pabelan Menggunakan Survey123

Dari hasil *survey* di lapangan, ditentukan lokasi-lokasi yang terdapat infrastruktur sungai menggunakan bantuan *Google Earth*. Hasil yang didapatkan dari *Survey123* yaitu:

1. Peta titik infrastruktur Sungai Pabelan
2. Grafik yang didapat dari *Survey123*

Kondisi Sempadan Sungai Pabelan

Daerah aliran sungai (DAS) sudah pasti memiliki tata guna lahan (*land use*). Untuk DAS Sungai Pabelan memiliki 4 (empat) tata guna lahan sempadan diantaranya perkebunan, pemukiman, sawah, dan ladang/tegalan. Luasan tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Tata guna lahan Sungai Pabelan sempadan 50 m

Nama Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)
Perkebunan	0,219301	13
Pemukiman	0,065457	4
Sawah	1,293669	79
Ladang/Tegalan	0,060881	4
Total	1,639308	100

Tata guna lahan sempadan 50 m Sungai Pabelan didominasi oleh Sawah dengan luas 1,294 km² dan persentase 79% .

Permukiman yang masuk di area sempadan 50 m Sungai pabelan 0,065 km² dan persentase 4%. Berikut adalah tabel jumlah perkiraan penduduk di sempadan 50 m Sungai Pabelan.

Nama Desa	Kecamatan	Jlh Penduduk (Jiwa)
Ngrajek	Mungkid	1
Pabelan	Mungkid	6
Menayu	Muntilan	231
Progowati	Mungkid	28
Adikarto	Muntilan	296
Tanjung	Muntilan	88
Sukorini	Muntilan	35
Candirejo	Borobudur	1
Taman agung	Muntilan	441
Banyudono	Dukun	334
Sengi	Dukun	175
Kapuhan	Sawangan	96
Mangunsoko	Dukun	27
Bojong	Mungkid	1
Gondosuli	Sawangan	222
Ketep	Sawangan	156
Gondangwangi	Sawangan	358
Sewukan	Sawangan	99
Krogowan	Sawangan	211
Keji	Muntilan	122
Sawangan	Sawangan	138
Jumlah		3065

Jumlah penduduk yang berda pada sempadan 50 m Sungai Pabelan adalah sebanyak 3065 jiwa.

Kondisi Infrastruktur Sungai Pabelan

a. Umum

Dari hasil survey yang telah dilakukan menggunakan aplikasi *Survey123* didapatkan hasil beberapa titik tinjauan infrastruktur yang berada di Sungai Pabelan diantaranya jembatan, bendung, sabo DAM, dan dinding penahan tanah. Kondisi infrastruktur Sungai Pabelan dapat dilihat dalam sebuah tabel disertai gambar citra satelit lokasi tinjauan dan fotolapangan hasil survey. Peninjauan infrastruktur sungai dilakukan dengan 2 (dua) metode yaitu metode *survey* lokasi dan pengumpulan data sekunder berupa sumber data yang nantinya dijadikan sebagai acuan dalam evaluasi kondisi infrastruktur Sungai Pabelan.

b. Jembatan

Pada Saat *survey* lapangan, terdapat 2 jenis jembatan di Sungai Pabelan yaitu, jembatan beton dan jembatan baja. Jembatan beton secara umum memiliki kondisi cukup baik, namun ada beberapa jembatan yang memiliki kerusakan di bagian pinggir jalannya seperti Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Kerusakan Jembatan

Pada saat *survey* jembatan baja juga dijumpai tidak memiliki rangka dibagian atas jembatannya, sehingga hal ini dapat membahayakan pengendara yang lewat di atasnya seperti Gambar 5. berikut ini.



Gambar 5. Jembatan baja

Ditemukan juga terjadi gerusan pada dinding penahan tanah sekitar jembatan seperti Gambar 6. berikut ini.



Gambar 4. Gerusan pada dinding penahan tanah

c. Sabo Dam

Hasil survey menunjukkan bahwa semua kondisi sabo dam dalam keadaan baik, hanya saja ada beberapa sungai pada daerah sabo dam tersebut yang memiliki penumpukan sedimen akibat erupsi 2010 seperti Gambar 5. berikut ini.

Menurut Rivanto dan Ikhsan (2018) Penghasil sedimen terbesar adalah erosi permukaan lereng pengunungan, erosi sungai (dasar dan tebing alur sungai) dan bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif.



Gambar 5. Sedimentasi pada sungai

Sabo dam jenis *check dam* dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Sedimentasi pada sungai

d. Bendung

Hasil dari *survey* yang dilakukan yang terlihat di Gambar 7 adanya bendung yang direnovasi ulang, hal ini dilakukan untuk meningkatkan debit air pada sungai itu sendiri.



Gambar 7. Renovasi bendung

Hasil dari *survey* juga ditemukan adanya pembangunan bendung baru pada salah satu wilayah daerah aliran sungai (DAS) Sungai Pabelan seperti yang terlihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Pembangunan bendung baru

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kondisi sempadan sungai terhadap kerentanan terhadap banjir lahan dingin dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Pada daerah sempadan Sungai Pabelan yang masuk kedalam 50 meter sempadan sungai di dominasi oleh sawah yang memiliki luas 1,294 km² atau mencapai 79% tata guna lahan dari keseluruhan.
2. Infrastruktur Sungai Pabelan yang dijumpai saat survey di lapangan adalah berupa jembatan, bendung, dan sabo dam. Infrastruktur-infrastruktur tersebut berada dalam kondisi baik atau tidak terjadi kerusakan, akan tetapi dinding penahan tanah dari beberapa wilayah sungai masih perlu perbaikan bahkan beberapa wilayah sungai tidak memiliki dinding penahan tanah.
3. Perkiraan jumlah penduduk yang masuk pada area sempadan 50 meter adalah sebanyak 3065 jiwa. Adapun wilayah Kecamatan yang masuk area sempadan adalah Kecamatan Mungkid, Muntilan, Borobudur, Dukun, dan Sawangan.

4. Daftar Pustaka

- Alaghmand, S., Abdullah, R. B., Abustan, I., dan Vosoogh, B. 2010, GIS-based river flood hazard mapping in urban area (a case study in Kayu Ara River Basin, Malaysia). *International Journal of Engineering and Technology*, 2(6), 488-500.
- Ardana, D. M. S., & Purwanto, T. H. 2013. Penentuan Jalur Evakuasi dan Dampak Banjir Lahar Dingin Gunung Merapi Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(2).
- Aryastana, P & Si, M. 2017. Identifikasi Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai Tukad Petanu. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 4(2), 1-12
- Heuvelink, G. B., Burrough, P. A., & Stein, A. 1989. Propagation of Error in Spatial Modelling with GIS. *International Journal of Geographical Information System*, 3(4), 303-322
- Ikhsan, J., & Wicaksono, G. 2012. Pengaruh Lahar Dingin Pasca Erupsi Merapi 2010 terhadap Kondisi Fisik Sungai Progo Bagian Tengah. *Prosiding Konteks*, 6, K17-K24.
- Lavigne, F., Thouret, J.-C., 2003, Sediment Transportation and Deposition by Rain-Triggered Lahars at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia, *Geomorphology*, 49(1-2), 45-69.
- Mononimbar, W. J. 2014. Penanganan Permukiman Rawan Banjir Di Bantaran Sungai Studi Kasus: Permukiman Kuala Jengki di Kelurahan Komo Luar & Karame, Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(1).
- Mulyandari, H. 2011. Upaya pengelolaan lahan bangunan pada bantaran sungai berbasis lingkungan di kabupaten Sleman DIY. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 13(1), 31-40.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 63 Tahun 1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Batas Sungai.
- Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang *Sungai*.
- Rivanto, A. P., & Ikhsan, J. (2018). Studi Karakteristik Endapan Sedimen di Kawasan Rawan Bencana (Studi Kasus Pada DAS Pabelan). *Konstruksia*, 9(2), 41-50.
- Sari, S. W., Rahadi, B., & Wirosoedarmo, R. 2014. Identifikasi Pemanfaatan Lahan Sempadan Sungai Sumbergunung Di Kota Batu. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 25-30.
- Sunarhadi, R.M.A., Suharjo., Anna, N.A., dan Anwar, B.S., 2015, Penentuan Lebar Sempadan Sebagai Kawasan Lindung Sungai di Kabupaten Sukoharjo, *Prosiding Seminar 11Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, Surakarta, 13 Januari 2015, 56-64.
- Trenggana, S. 2018. *Spatial Modeling of Cold Lava Flood Evacuation in Kali Putih, Magelang Regency, Using Network Analyst. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(4).
- Winarni 2018. Analisis Potensi Banjir Lahar Dingin di Sekitar Sungai Putih Kabupaten Magelang berdasarkan Perangkat Lunak Lahar (*Doctoral dissertation*, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Yoga, T., P. 2018. Kondisi Sempadan Sungai Terhadap Tingkat Kerentanan Banjir di Wilayah Yogyakarta. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.