

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pasca Erupsi Merapi 2010, Kali Putih menjadi salah satu sungai yang mendapat perhatian baik dari pemerintah maupun masyarakat. Kajian yang dilakukan terhadap salah satu sungai terdampak banjir lahar dingin ini juga banyak dilakukan. Penulis melakukan penelitian yang memiliki dua fokus yaitu kajian tentang infrastruktur sungai dan kajian tentang sempadan sungai. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan informasi dari beberapa jurnal yang akan dijelaskan di bawah ini.

2.1.1 Penelitian Terdahulu tentang Kondisi Sempadan Sungai

Pamungkas, (2018) melakukan kajian tentang kondisi sempadan Sungai Gajah Wong untuk mengetahui tingkat kerentanan dan bahaya terhadap banjir yang terjadi pada sungai tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan kondisi sempadan di lapangan dengan peraturan-peraturan yang telah ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penggunaan sarana prasarana terbesar berada pada Kecamatan Kota Gede dengan lebar sempadan sungai 3 meter adalah 75,37%, lebar sempadan 5 meter adalah 78,93%, lebar sempadan 10 meter 79,86%, lebar sempadan sungai 15 meter adalah 78,12% dan lebar sempadan sungai 50 meter adalah 81,89%. Diketahui juga tingkat kerentanan banjir tertinggi terletak di Kabupaten Bantul bagian muara sungai Gajah Wong dengan sungai Opak dikarenakan sungai tidak memiliki tanggul dan pernah terjadi luapan air pada tahun 2017.

Maryono, (2009) melakukan penelitian tentang kajian sempadan sungai dengan studi kasus sungai-sungai di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu Sungai Progo, Opak, Oyo, Code, dan Gajah Wong. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai parameter identifikasi dalam penentuan lebar sempadan sungai. Identifikasi yang dilakukan berdasarkan studi literatur, peraturan-peraturan pemerintah, dan juga survei lapangan yang terbagi menjadi dua yaitu identifikasi berdasarkan tampang melintang sungai dan berdasarkan karakteristik vegetasi

sungai. Hasil penelitian dapat dilihat berupa tabel kajian lebar sempadan sungai yang tercantumkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil kajian lebar sempadan sungai (Maryono, 2009)

Lebar Sempadan Sungai (Ls)	Kawasan Perdesaan		Kawasan Peri Urban (interpolasi antara kawasan pedesaan dan perkotaan)		Kawasan Perkotaan			
	Kriteria	Ls	Kriteria	Ls	Kriteria		Ls	
Sungai Bertanggul (mengacu Permen PU 63/1993)	Dari kaki tanggul luar	5 m	Dari kaki tanggul luar	4 m	Dari kaki tanggul Luar		3 m	
	Kriteria Identik dengan Permen PU 63/1993		Kriteria Identik dengan Permen PU 63/1993		Lebar (L) Sungai mengacu literatur pada tabel. 5		Kedalaman (H) Sungai, mengacu Tabel 2,3,4, 5 dan modifikasi Permen PU 63/1993	
Sungai tidak bertanggul (identik Permen PU 63/1993 dan mengacu literatur pada tabel 6,7 dan 8. Interpolasi untuk luasan DAS menengah dan kawasan peri urban)	Sungai besar, DAS > 300 km ²	100 m	DAS > 300 km ²	75 m	Kriteria lebar sungai (L)	Lebar sempadan (Ls)	Kriteria tinggi tebing (H)	Lebar sempadan (Ls)
	Sungai sedang, 50 < DAS < 300 km ² (interpolasi)	75 m	50 < DAS < 300 km ²	50 m	L > 15 m	50 m	H > 15 m	50 m (3 H < Ls < 7,5 H)
	Sungai kecil, DAS < 50 km ²	50 m	DAS < 50 km ²	30 m	3 m < L ≤ 15 m	25 m	3 m < H ≤ 15 m	25 m (3 H < Ls < 7,5 H)
Tepi sungai	Tepi sungai dapat ditetapkan bersama masyarakat dengan ketentuan sesuai dengan Gambar 9, 10, 11, 12.							
Sungai terpengaruh pasang surut dan tsunami	Belum dapat direkomendasikan, perlu penelitian khusus sempadan sungai pada daerah terpengaruh pasang surut dan tsunami							

Aryastana, (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui pemanfaatan daerah sempadan sungai pada Sungai Tukad Petanu yang berlokasi di Kabupaten Gianyar, Bali. Penelitian ini dilakukan dengan cara survei lapangan dengan

menyusuri Sungai Tukad Petanu dari hilir ke hulu dengan bantuan *GPS* sepanjang 10 km. Penelitian ini juga menggunakan alat bantu seperti *google earth* dalam meninjau pemanfaatan daerah sempadan Sungai Tukad Petanu. Dari dua metode yang digunakan oleh peneliti, didapatkan bahwa lebar sempadan sungai di Tukad Petanu adalah 10 – 100 meter. Didapatkan juga bahwa pemanfaatan lahan pada kawasan sempadan sungai didominasi oleh lahan kosong.

Widiyanto dan Hani, (2018) melakukan penelitian berupa evaluasi terhadap penggunaan lahan di sempadan Sungai Cinangka, Sub DAS Cimanuk bagian hulu yang terletak di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer berupa survei lapangan dan wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung (BPDAS HL) dan studi literatur lainnya. Penelitian ini dilakukan pada masing-masing 50 meter tepi kanan dan kiri dari sungai sepanjang 1 km. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tata guna lahan di daerah yang masuk ke dalam sempadan Sungai Cinangka belum sesuai dengan kaidah konservasi dalam pengelolaan DAS. Penggunaan lahan didominasi oleh pertanian monokultur dengan 62 % dari total area.

Labora, dkk. (2016) melakukan penelitian berupa evaluasi tentang penggunaan lahan sempadan Sungai Sario di Kota Manado. Penelitian ini menggunakan Perda Kota Manado No. 1 Tahun 2014 dan Perwako Kota Manado No. 55 Tahun 2014 batas sempadan sungai yang berlaku pada daerah sempadan Sungai Sario yaitu 5 meter dan 15 meter diukur dari tepi tanggul terluar ke arah daratan sebagai acuan dalam evaluasi penggunaan lahan sempadan sungai. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengolahan data spasial dan pelaksanaan survei lapangan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa secara garis besar kesesuaian bangunan dan penggunaan lahan pada daerah sempadan Sungai Sario dengan jarak 5 meter didominasi dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai yaitu 4157,33 m² (68%) dengan 417 bangunan. Sedangkan sempadan dengan jarak 15 meter didominasi dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai yaitu sebesar 126998,01 m² (69%) dengan 724 unit bangunan.

2.1.2 Penelitian Terdahulu tentang Infrastruktur Sungai

Kawasaki, dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui respon pemerintah Myanmar dalam menangani bencana banjir terkhusus banjir yang terjadi pada Bulan Juli-Agustus dengan studi kasus di sekitar Sungai Bago, Myanmar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui manajemen infrastruktur sungai yang dilakukan pemerintah untuk mengurangi risiko bencana banjir tersebut. Penelitian dilakukan dimulai dengan meninjau kondisi cuaca yang terjadi ketika banjir terjadi di Myanmar pada tahun 2015 yang dilanjutkan dengan memeriksa status dari fasilitas atau infrastruktur sungai yang berfungsi untuk manajemen sungai termasuk kanal yang berfungsi sebagai pencegah banjir. Dari peninjauan peneliti didapatkan data infrastruktur sungai yang ada di Sungai Bago yang dapat dilihat pada tabel 2.2. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Pemerintah Myanmar telah melakukan penambahan infrastruktur sungai dan juga mengembangkan kapasitas drainase yang telah ada. Selain itu, Pemerintah juga menjalin kerjasama dengan berbagai pihak terkait manajemen bencana agar dapat mengurangi risiko bencana yang akan terjadi.

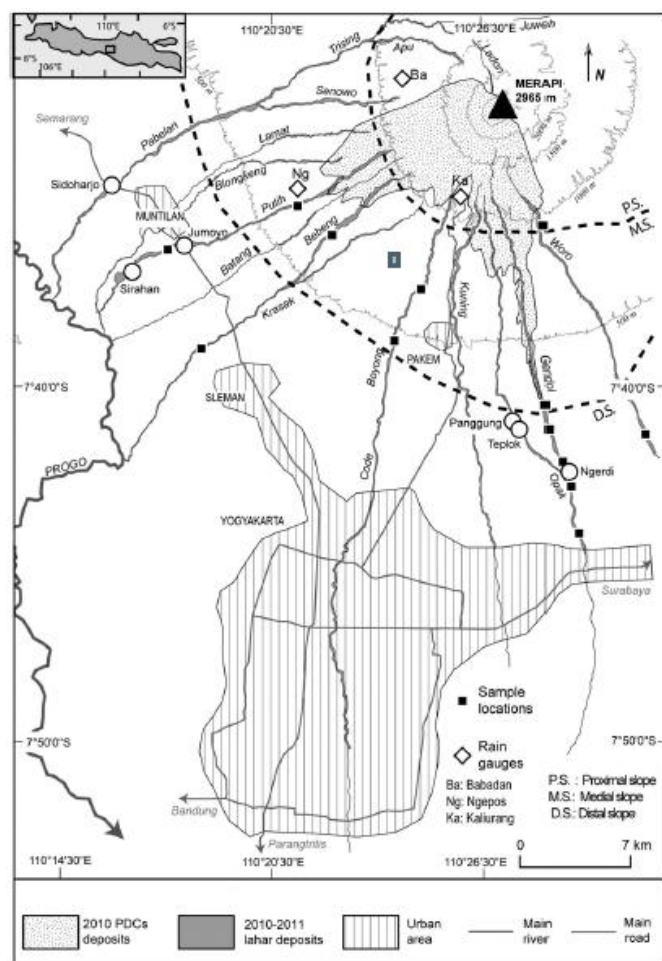
Tabel 2.2 Infrastruktur Sungai Bago (Kawasaki, dkk, 2017)

Jenis Bangunan	Nama	Gambaran Umum
Bendungan	Bendungan Zaung Tu	Kapasitas 407 juta m ³ , tinggi 44,8 m, pembangkit listrik kapasitas 20 MW
	Bendungan Kodukwe	Kapasitas 183 juta m ³ , tinggi 27,4 m
	Bendungan Shwelaung	Kapasitas 117 juta m ³ , tinggi 24,3 m
	Bendungan Salu	Kapasitas 104 juta m ³ , tinggi 26,8 m
Bendung	Bendung Zaung Tu	Tinggi 8,5 m, lebar 122 m, area yang dialiri 11,472 ha
Kanal	Kanal Bago-Sittaung	Panjang 60 km
	Kanal Irigasi Zaung Tu	Kanal Irigasi Zaung Tu-Kyaik Hla, Kanal Irigasi Zaung Tu-Moe Yin Gyi

2.1.3 Penelitian Terdahulu tentang Dampak Banjir Lahar Dingin

Lavigne, dkk. (2013) melakukan penelitian untuk mendeskripsikan mengapa banjir lahar dingin menjadi salah satu risiko utama yang diakibatkan oleh Gunung Merapi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 metodologi pendekatan yaitu survei lapangan, analisis jarak jauh menggunakan alat bantu seperti citra satelit, analisis laboratorium, dan juga data sekunder yang didapatkan dari pemerintah setempat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa banjir lahar terjadi hampir di

seluruh daerah aliran sungai yang bermuara kepada Gunung Merapi yang dapat dilihat pada gambar 2.1 dan menyebar lebih dari 15 km dari kawah. Avulsi, erosi tebing sungai, pengikisan dasar sungai dan juga kerusakan terjadi pada erupsi Gunung Merapi 2010 ini. Lahar membakar setidaknya 215 rumah dan merusak 645 rumah serta menghancurkan jembatan dan jalan. Penjelasan ini lah yang membuat banjir lahar dingin menjadi salah satu risiko utama yang harus dikurangi dan diperhatikan oleh pemerintah dan masyarakat setempat.



Gambar 2.1 Peta sebaran lahar erupsi Gunung Merapi 2010 (Lavigne, dkk, 2013)

Aisyah dan Purnamawati, (2012) melakukan penelitian untuk mengetahui dampak yang terjadi akibat banjir lahar dingin erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010. Peneliti menggunakan metode studi literatur dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dan juga menggunakan data sekunder yang tersedia. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebanyak 8,2 juta m³ terakumulasi di Kali Putih dan baru 1/3 atau 3 juta-an yang baru terangkut. Dampak dari lahar yang perlu diwaspadai adalah longsoran, limpasan lahar, dan banjir lumpur. Diperlukan

pengelolaan yang meliputi pencegahan, tanggap darurat, dan rehabilitasi pasca bencana yang tepat agar tidak terjadi penyalahgunaan wewenang dalam pelaksanaannya.

Puspitosari dan Sumaryono, (2011) melakukan penelitian untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada bangunan Sabo akibat banjir lahar dingin di daerah Merapi pasca erupsi Merapi 2010. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dengan survei lapangan dan juga data sekunder yang berasal dari beberapa instansi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 77 bangunan Sabo yang rusak dari total 244 bangunan yang ada. Penyebab kerusakan adalah debit banjir yang melebihi debit desain, konsentrasi sedimen yang berlebih, gaya abrasi dan bentur dari aliran saat terjadi banjir lahar, letak bangunan dan jarak antara bangunan yang kurang tepat, pemeliharaan bangunan yang kurang memadai, dan penambangan pasir yang berlebihan.

2.1.4 Penelitian Terdahulu tentang Kali Putih

Munawaroh dan Widiyanto, (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat bahaya lahar hujan dan sebaran kerusakan yang terjadi pada bangunan pengendali sedimen, infrastruktur, permukiman dan lahan pertanian akibat banjir lahar hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Putih pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010 ditinjau dari karakteristik geomorfologi DAS. Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan dan menggunakan alat bantu yaitu Citra IKONOS 2010 yang berfungsi sebagai validasi data. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat bahaya yang cukup tinggi terdampak banjir lahar dingin mengelompok di bagian hilir, bahaya sedang terdapat di bagian tengah, dan bahaya rendah terdapat di bagian hulu. Persebaran kerusakan bangunan permukiman dan lahan pertanian terjadi pada bagian hilir, sedangkan persebaran kerusakan pengendali sedimen terdapat di bagian hulu. Adapun distribusi persebaran kerusakan dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3 Distribusi kerusakan bangunan permukiman akibat banjir lahar di DAS Putih (Munawaroh dan Widiyanto, 2013)

No	Desa	Rumah terdampak lahar			Total
		Ringan	Sedang	Berat/hilang	
1	Sirahan	87	47	155	289
2	Jumoyo	13	15	165	193
3	Gulon	0	0	12	12
4	Seloboro	0	4	4	8
5	Blongkeng	0	0	28	28
6	Srumbung	0	0	2	2
Total		100	66	366	532

Tabel 2.4 Distribusi kerusakan lahan pertanian akibat banjir lahar di DAS Putih (Munawaroh dan Widiyanto, 2013)

No	Desa	Luas Sawah (Ha)	Luas Sawah (Ha)		
			Hilang	Rusak tertimbun material	Terancam kekeringan
1	Sirahan	221	10,5	30,5	180
2	Jumoyo	197	18	4	175
3	Seloboro	92	1	6,5	84,5
4	Gulon	297	6	11	280
5	Blongkeng	160	11,73	0	0
6	Plosogede	187	2,2	0	0
Jumlah		1154	49,43	52	719,5

Widagdo dan Hadmoko, (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui perubahan morfologi Kali Putih pasca erupsi Merapi 2010 serta pengaruh yang ditimbulkan pada lingkungan sekitarnya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi yang mengalami erosi, longsor, dan sedimentasi akibat aliran lahar. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan, penggunaan citra satelit, dan pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM). Analisis yang digunakan berupa analisis komparatif dengan membandingkan morfologi sungai sebelum dan setelah terjadinya erupsi Merapi 2010. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan morfologi sungai terjadi pada tebing sungai dan dasar sungai yang memiliki intensitas berbeda pada tiap bagian sungai. Dari data DEM didapatkan nilai erosi maksimal yang terjadi pada sungai adalah 8 meter, sedangkan nilai sedimentasi maksimal adalah 10 meter dengan keterangan Pola erosi yang tertinggi berada pada bagian hulu sungai dan sedimentasi tertinggi terjadi di bagian tengah dan hilir.

2.1.5 Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No	Judul	Perbedaan	
		Terdahulu	Sekarang
1	Kondisi Sempadan Sungai Terhadap Kerentanan Banjir di Wilayah Yogyakarta (Pamungkas, 2018)	Evaluasi kondisi sempadan Sungai Gadjah Wong	Evaluasi infrastruktur dan sempadan Kali Putih
2	Kajian Lebar Sempadan Sungai (Studi Kasus Sungai-Sungai Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta) (Maryono,2009)	Kajian dalam penentuan lebar sempadan sungai di Yogyakarta berdasarkan beberapa metode	Kajian lebar sempadan sungai berdasarkan Peraturan Pemerintah di Kali Putih, Magelang
3	Identifikasi Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai <i>Tukad</i> Petanu (Aryastana, 2015)	Identifikasi pemanfaatan lebar sempadan Sungai Tukad Petanu, Bali	Evaluasi sempadan sungai dan infrastruktur Kali Putih, Magelang pasca erupsi Merapi
4	Pola Dan Evaluasi Penggunaan Lahan di Sempadan Sungai Cinangka, Sub Daerah Aliran Sungai Cimanuk Hulu (Widiyanto dan Hani, 2018)	Evaluasi penggunaan lahan di sempadan berdasarkan kaidah konservasi dalam pengelolaan DAS dan fokus pada penggunaan lahan pertanian	Evaluasi penggunaan lahan sempadan sungai berdasarkan syarat peraturan pemerintah dan tidak fokus pada lahan pertanian

Tabel 2.5 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang (Lanjutan)

No	Judul	Perbedaan	
		Terdahulu	Sekarang
5	Evaluasi Penggunaan Lahan Sempadan Sungai Sario Di Kota Manado (Labora, dkk, 2016)	Evaluasi Penggunaan Lahan Sempadan Sungai Sario Di Kota Manado	Evaluasi infrastruktur dan sempadan Kali Putih, Magelang
6	<i>Disaster response and river infrastructure management during the 2015, Myanmar floods: A case in the Bago River Basin</i> (Kawasaki, dkk, 2017)	Evaluasi infrastruktur sungai untuk meninjau respon pemerintah terhadap tanggap bencana banjir di Myanmar 2015	Evaluasi infrastruktur sungai untuk memberikan informasi kepada pemerintah sebagai bentuk penanggulangan bencana banjir lahar
7	<i>Rain-triggered lahars following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia: A major risk</i> (Coquet, dkk, 2013)	Peninjauan dampak banjir lahar untuk mengetahui seberapa pentingnya penanggulangan bencana banjir lahar	Evaluasi pemulihan keadaan infrastruktur sungai pasca banjir lahar erupsi Merapi 2010
8	Tinjauan Dampak Banjir Lahar Kali Putih, Kabupaten Magelang Pasca Erupsi Merapi 2010 (Aisyah dan Purnamawati, 2012)	Tinjauan dilakukan untuk mengetahui dampak banjir lahar di Kali Putih dan menggali potensi akibat banjir lahar	Tinjauan dilakukan berupa evaluasi kondisi infrastruktur Kali Putih yang terdampak banjir lahar

Tabel 2.5 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang (Lanjutan)

No	Judul	Perbedaan	
		Terdahulu	Sekarang
9	Analisis Kerusakan Bangunan Sabo di Wilayah Merapi Akibat Banjir Lahar Pasca Erupsi Merapi 2010 (Puspitosari dan Sumaryono, 2011)	Analisis kuantitatif kerusakan pada bangunan sabo di seluruh daerah terdampak banjir lahar erupsi Merapi 2010	Analisis kuantitatif pada infrastruktur Kali Putih terdampak banjir lahar erupsi Merapi 2010
10	Kajian Persebaran Kerusakan Infrastruktur, Permukiman, Dan Lahan Pertanian Akibat Banjir Lahar Hujan Tahun 2010 dengan Pendekatan Geomorfologi	Analisis kuantitatif pada bangunan sabo, permukiman dan lahan pertanian terdampak banjir lahar hujan 2010	Analisis kuantitatif pada bangunan sabo, jembatan, bendung, serta dinding penahan tanah terdampak banjir lahar hujan 2010
11	Morfodinamik Kali Putih Akibat Erupsi Gunung Api Merapi 2010 di Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah (Widagdo dan Hadmoko, 2015)	Kajian morfodinamik sungai pasca erupsi Merapi 2010	Kajian infrastruktur sungai pasca erupsi Merapi 2010

Berdasarkan Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penelitian dengan judul “Evaluasi Infrastruktur Dan Sempadan Sungai Pada Wilayah Rentan Terdampak Banjir Lahar Dingin Pada Das (Daerah Aliran Sungai) Kali Putih” merupakan penelitian yang murni dan belum pernah ada yang melakukannya sebelumnya.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sungai

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

Menurut Peraturan Menteri Nomor 63 Tahun 1993 tentang garis sempadan dan sungai, daerah manfaat sungai, daerah penguasaan sungai dan bekas sungai menjelaskan bahwa sungai terbagi menjadi dua yaitu Sungai Besar yang mempunyai luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sebesar 500 km² atau lebih dan Sungai Kecil yang memiliki luas DAS kurang dari 500 km². Adapun menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang pengelolaan daerah aliran sungai menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

2.2.2 Garis Sempadan Sungai

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 tentang penetapan garis sempadan sungai dan garis sempadan danau menjelaskan bahwa garis sempadan sungai adalah garis maya kiri dan kanan palung sungai yang ditetapkan sebagai batas perlindungan sungai. Sebagai batas perlindungan sungai tentunya daerah sempadan sungai ini tidak boleh digunakan secara sembarangan. Dalam Permen PUPR Nomor 28/PRT/M/2015 ini juga dijelaskan bahwa tujuan penetapan garis sempadan sungai adalah agar:

1. Fungsi sungai tidak terganggu oleh aktifitas di sekitarnya,

2. Kegiatan pemanfaatan dan upaya peningkatan nilai manfaat sumber daya di sungai dapat memberikan hasil yang optimal,
3. Daya rusak sungai terhadap lingkungannya dapat dibatasi

Adapun kriteria penetapan sungai menurut Permen PUPR Nomor 28/PRT/M/2015 dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kriteria penetapan garis sempadan sungai (Permen PUPR Nomor 28/PRT/M/2015)

No.	Tipe Sungai	Di Luar Kawasan Perkotaan		Di Dalam Kawasan Perkotaan		Pasal
		Kriteria	Sempadan Sekurang-kurangnya	Kriteria	Sempadan Sekurang-kurangnya	
1	Sungai bertanggul (diukur dari tanggul sebelah luar)	-	5 m	-	3 m	Ps 7 & 8
2	Sungai tak bertanggul (diukur dari tepi sungai)	Sungai besar (Luas DAS > 500 km ²)	100 m	Kedalaman ≤ 3 m	10 m	Ps 5 & 6
		Sungai besar (Luas DAS < 500 km ²)	50 m	Kedalaman 3 - 20 m Kedalaman > 20 m	15 m 30 m	Ps 5 & 6 Ps 5 & 6
3	Mata air (sekitar mata air)	-	200 m	-	200 m	Ps 11
4	Sungai yang terpengaruh pasang surut air laut (dan tepi sungai)	Penentuan sempadan sungai sama dengan sungai yang tidak terpengaruh pasang surut air laut				Ps 10

Maryono, (2009) menambahkan berdasarkan studi literatur yang dilakukan bahwa metode penetapan garis sempadan dapat dilakukan berdasarkan morfologi melintang dan hidraulik banjir sungai.

Dengan berbagai peraturan yang telah dibuat oleh pemerintah, tentu perlu adanya pengendalian lebih lanjut pada kawasan sempadan sungai di Indonesia. Menurut Suprpti, dkk (2014) menjelaskan bahwa pengendalian terhadap kawasan sempadan sungai dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Pengendalian dan pengawasan melalui peraturan zonasi,
2. Pengendalian dan pengawasan melalui perizinan,
3. Pengendalian dan pengawasan melalui pemberian insentif dan disinsentif,
4. Pengendalian dan pengawasan melalui pemberian sanksi

2.2.3 Infrastruktur Sungai

Sungai sebagai salah satu sumber air tentunya perlu dijaga dan dilestarikan agar tetap memiliki manfaat yang optimal bagi masyarakat setempat. Guna menunjang pemanfaatan yang optimal dibutuhkan prasarana-prasarana yang sesuai dengan keadaan morfologi sungainya. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 tentang sungai menjelaskan bahwa bangunan sungai adalah bangunan yang berfungsi untuk perundungan, pengembangan, penggunaan dan pengendalian sungai. Bangunan sungai yang terdapat di Kali Putih ini diantaranya sebagai berikut ini.

a. Bendung

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton yang melintang pada sebuah sungai yang memiliki peranan dalam kepentingan irigasi, keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir (Mangore, 2013).

b. Jembatan

Sumarsono, dkk (dalam Indraswara, 2006) menjelaskan bahwa jembatan adalah sebuah konstruksi untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang lebih rendah seperti jalan lain baik jalan lalu lintas ataupun jalan air. Jembatan ini memiliki fungsi sebagai penghubung antara tempat terpisah secara horizontal yang digunakan jika hubungan sirkulasi konvensional sudah tidak memungkinkan lagi.

c. *Groundsill*

Hairani dan Legono, (2016) menjelaskan bahwa *groundsill* dibangun untuk mengontrol kestabilan dasar sungai dari terjadinya degradasi sungai. Sedangkan menurut Ikhsan, dkk (2009) menyatakan bahwa pembangunan *groundsill* dapat dipakai sebagai salah satu alat untuk mengontrol sedimentasi dari sungai dan perkembangan daerah.

d. *Sabo Dam*

Rahmat, dkk (2006) menjelaskan bahwa bangunan *sabo* atau *sabo dam* merupakan salah satu bangunan paling dominan dalam penerapan sistem *sabo* karena memiliki fungsi sebagai penampung, penahan, serta pengendali aliran

sedimen. Adanya bangunan *sabo* mengakibatkan tertahannya sedimen di hulu bangunan sehingga memungkinkan untuk dilakukan penambangan bahan galian.

e. *Check Dam*

Grey dan Leiser (dalam Hassanli, dkk, 2009) menjelaskan bahwa fungsi utama dari pembangunan *check dam* adalah untuk mengurangi kecepatan air dan menjebak sedimen yang terdapat di dalam parit dan sungai yang membawa material tambahan dari hasil erosi atau pengikisan penampang sungai. *Check dam* dalam sistem *sabo* biasanya dibangun setelah bangunan utama *sabo dam* yang berfungsi sebagai penampung sedimen yang lolos dari bangunan *sabo* itu sendiri.

f. Kantung Pasir (*Sand Pocket*)

Sutopo, dkk (2016) menjelaskan bahwa *sand pocket* atau kantung pasir merupakan salah satu bangunan pengendali sedimen yang ada di sungai yang umumnya berupa tanggul yang dibangun melintang di aliran sungai yang bagian sisi kanan dan kiri sungai tertutup, serta dilengkapi dengan pelimpah sederhana untuk melewatkan air. Seperti bangunan *sabo* dan juga *check dam* fungsi dari sand pocket ini tentunya sebagai bangunan untuk menampung sedimen yang dibawa oleh aliran sungai terutama material yang dibawa oleh aliran debris gunung berapi.

2.2.4 Banjir Lahar Dingin

Ardana dan Purwanto, (2013) menyatakan bahwa banjir lahar dingin merupakan bencana sekunder yang terjadi setelah beberapa waktu gunung api meletus. Bencana dipicu oleh intensitas hujan yang tinggi sehingga menyebabkan banjir yang mampu mengangkat material erupsi gunung berapi mengikuti alur sungai. 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.

Bencana yang diakibatkan banjir lahar dingin dapat digolongkan menjadi dua periode waktu. Banjir lahar dingin yang terjadi dalam periode beberapa bulan setelah peristiwa letusan gunung berapi dan periode waktu lebih dari satu tahun. Sedimen akibat letusan biasanya mengendap di sekitar puncak gunung dan anak-

anak sungai dengan lereng yang cenderung curam. Apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi, maka sedimen akan terbawa ke hilir dalam bentuk aliran debris. Aliran air saat banjir dengan lereng sungai yang cenderung curam dan membawa material (konsentrasi material padat lebih dari 60%) akan memberikan energi kinetik yang besar dan mempunyai efek daya rusak yang juga besar sehingga cenderung merusak daerah yang dilewatinya (Ikhsan dkk, 2010).

2.2.5 GIS (*Geographic Information System*)

Menurut Manongga, dkk (2009) Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem informasi berbasis komputer berupa penggabungan antara unsur peta (geografis) dan informasi tentang peta tersebut (data atribut) yang dirancang untuk mendapatkan, mengolah, memanipulasi, menganalisis, memperagakan, serta menampilkan data spasial untuk menyelesaikan perencanaan dan permasalahan yang ada. Pada dasarnya SIG merupakan gabungan dari tiga unsur yaitu sistem, informasi, dan geografis.

Dueker (dalam Maguire, 1991) menyatakan bahwa GIS merupakan sistem informasi dimana *database* nya terdiri dari berservi data spasial berupa aktivitas, kejadian, yang dapat dijelaskan dalam bentuk titik, garis, maupun area. GIS memanipulasi data dari titik-titik, garis-garis, dan juga area menjadi data baru yang diinginkan untuk kemudian dianalisis. Cowen (dalam Maguire, 1991) menyatakan bahwa ada 4 dasar pendekatan untuk membedakan antara GIS dengan sistem informasi lainnya yaitu proses, aplikasi, *toolbox*, dan juga *database* yang digunakan.