

STUDI PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI SERANG WELAHAN DRAINASE (SWD) 2 DI KABUPATEN KUDUS DAN JEPARA PROVINSI JAWA TENGAH

Munfarid¹, Dian Sisanggih², Dwi Priyantoro²

¹Mahasiswa Progam Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mail: farid_fans@yahoo.com

ABSTRAK: Sungai SWD 2 merupakan sungai dengan panjang sekitar kurang lebih 23 km, yang termasuk dalam sistem sungai Serang Lusi Juana (Seluna) dan dalam lingkup Wilayah Sungai Jratuseluna. Sungai SWD 2 berkaitan erat dengan terjadinya banjir akibat kapasitas pengaliran yang tidak mampu untuk menampung debit banjir yang terjadi sehingga adanya ketidakseimbangan antara *inflow* yang masuk ke sistem Sungai SWD 2 dengan *outflow* yang keluar menuju Sungai SWD 2. Dalam studi ini tahap awal dilakukan dengan analisis hidrologi untuk menghitung besarnya debit banjir rancangan pada masing-masing anak sungai sebagai input debit ke Sungai SWD 2. Selanjutnya dilakukan analisis hidraulika untuk mengetahui kondisi eksisting ruas-ruas daerah yang terdampak akibat banjir dengan debit banjir kala ulang 50 tahun sebesar 1336.06 m³/dt menggunakan program aplikasi HEC-RAS 4.1. Tahap berikutnya dilakukan usaha penanggulangan banjir dengan perbaikan alur sungai atau normalisasi dan perencanaan tanggul. Dalam perencanaan tanggul dibagi menjadi 2 tipe yaitu tanggul urugan tanah dan tanggul dinding penahan. Untuk analisis stabilitas lereng tanggul urugan tanah, menggunakan metode Bishop dengan kemiringan lereng 1:2. Sedangkan untuk analisis tanggul dinding penahan, menggunakan kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.

Kata kunci: Banjir, HEC-RAS, Normalisasi, Tanggul, Stabilitas Tanggul

ABSTRACT: SWD 2 River which has approximately 23 km in lengths, is included in the river system of Serang Lusi Juana (Seluna) and within the scope of the Jratuseluna River Region. SWD 2 River is closely related to the occurrence of flooding due to imbalance between inflow into the SWD 2 River system with the outflow out towards SWD 2 River. In this study, the initial phase is done by hydrological analyzing to calculate the amount of flood discharge design in each tributary as input of discharges to SWD 2 River. Furthermore, hydraulic analysis is done to know the existing condition of the sections, flood-affected areas within 50 years at 1336.06 m³/s of flood discharge using the HEC-RAS 4.1 application program. The next stage is preparing efforts to undertake flood prevention by improving the river channel or executing normalization and having levee's constructions. The levees planning is divided into 2 types, those are named soil levees and retaining walls. For analyzing the stability of the soil levees slope, using the Bishop method with a slope of 1:2. As for analyzing the retaining wall barrier, using against bolsters control stability, shear and soil bearing capacity.

Keywords: Flood, HEC-RAS, Normalization, Levee, Levee Stability

PENDAHULUAN

Air yang berada di daratan bergerak mengisi ruang pada suatu bagian berupa cekungan yang memanjang (sungai atau saluran) maupun cekungan yang melebar

(danau atau waduk). Pada bagian cekungan yang memanjang (sungai atau saluran) umumnya lahan di sekitarnya memiliki tanah yang sangat subur atau disebut dataran banjir (floodplain). Pada lahan ini memiliki jenis

tanah yang subur dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai budidaya maupun kegiatan usaha lainnya. Namun seiring berjalannya waktu, selain memberikan manfaat juga berpotensi memberikan resiko terhadap terjadinya suatu bencana ketika air yang mengalir melebihi kapasitas tampungan pada sungai atau saluran sehingga air tersebut meluap dan menyebabkan banjir di sekitarnya serta menimbulkan daya rusak akibat arus air yang mengalir cukup besar atau disebut dengan bencana banjir.

Pada bagian dari kegiatan pengairan bidang pembinaan atas pemanfaatan serta pengaturan air dan sumber-sumber air menurut Undang-undang No. 11 Tahun 1974 tentang Pengairan salah satunya adalah melakukan pengamanan dan atau pengendalian daya rusak air terhadap daerah-daerah sekitarnya. Bencana banjir merupakan salah satu daya rusak air, sehingga perlu adanya suatu pengendalian banjir untuk mengurangi dampak kerugian bagi masyarakat.

Daerah lokasi studi Sungai Serang Welahan Drainase (SWD) 2 berada pada Kabupaten Kudus dan Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Bencana banjir sering terjadi di Sungai SWD 2 sehingga perlu segera adanya penanganan dalam kaitan peningkatan kualitas lingkungan hidup bagi masyarakat dan penanggulangan lahan usaha akibat bencana banjir. Hal ini akan memberikan dampak positif terhadap kesejahteraan dalam berlangsungnya suatu kegiatan usaha dan peningkatan kualitas lingkungan hidup masyarakat.

Melihat kondisi dan permasalahan yang telah terjadi maka dibutuhkan suatu upaya penanggulangan banjir dengan pada studi ini dilakukan perbaikan alur sungai atau normalisasi dan perencanaan tanggul.

BAHAN DAN METODE



Gambar 1. Peta Lokasi Studi
Sumber: Google Earth (2018).

Lokasi studi adalah Sungai SWD 2 yang terletak di Kabupaten Kudus dan Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Sungai SWD 2 termasuk dalam sistem Sungai Serang-Lusi-Juana (Seluna). Secara geografis Sungai SWD 2 terletak pada koordinat 6°47'27.39" - 6°42'20.17" Lintang Utara dan 110°47'24.59" - 110°37'03.50" Bujur Timur.

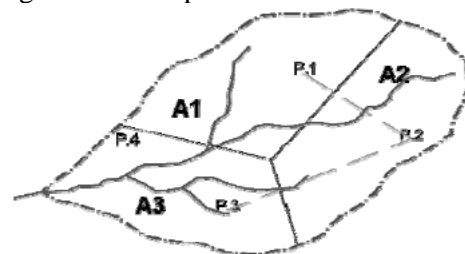
Data-data pendukung studi yang dibutuhkan yaitu data curah hujan untuk menganalisis kondisi hidrologi, peta stasiun hujan untuk mencari letak titik stasiun hujan dan sebaran curah hujan rerata, peta topografi untuk mengetahui kondisi morfometri DAS (luas DAS, jaringan sungai dan kerapatan sungai), data karakteristik geologi dan morfologi sungai beserta data pasang surut untuk menganalisis profil aliran beserta kapasitasnya menggunakan bantuan program HEC-RAS, data mekanika tanah untuk menganalisis stabilitas lereng tanggul sebagai upaya penanggulangan banjir.

Secara keseluruhan tahapan pengerjaan yang dilakukan adalah terdiri dari tiga tahap, tahap pertama melakukan analisis hidrologi, tahap kedua melakukan analisis hidrolika, dan tahap ketiga melakukan analisis perencanaan teknis..

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi secara umum dilakukan untuk mendapatkan data-data karakteristik hidrologi berupa data curah hujan rancangan, intensitas hujan jam-jaman dan debit banjir rancangan.

Pada studi ini sebelum mendapatkan data curah hujan rancangan maka diperlukan analisis curah hujan rerata daerah dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan hasil berupa satuan mm.



Gambar 2. Contoh Penggambaran Metode *Polygon Thiessen*

Sumber: SNI 2415-2016.

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_{total}} \quad (1)$$

Dengan:

\bar{P} = tinggi hujan rata-rata (mm)

A_1, \dots, A_n = luas dibatasi garis *polygon* (km²)

A_{total} = luas total DAS ($A_1 + \dots + A_n$) (km²).

Selanjutnya melakukan analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian. Secara umum, analisis frekuensi digunakan untuk mendapatkan curah hujan rancangan yang berasal dari perhitungan hasil analisis curah hujan rerata daerah.

Langkah selanjutnya menghitung Intensitas hujan jama-jaman yaitu tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004).

Apabila data tersedia adalah data hujan harian, maka dapat digunakan rumus persamaan Metode Mononobe sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

Dengan:

I_t = intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

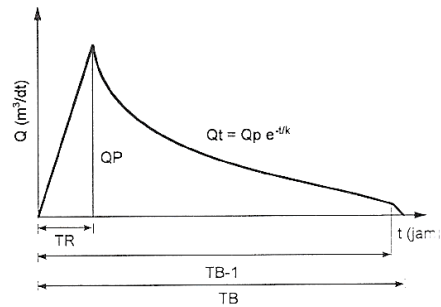
t = lamanya hujan (jam)

R_{24} = hujan harian selama 24 jam (mm/hari)

T = Waktu hujan (jam).

Dalam studi ini hasil perhitungan intensitas hujan jam-jaman (*hyetograph*) dari metode Mononobe akan digunakan pada perhitungan model distribusi hujan ABM (*Alternating Black Method*) sehingga ditentukan tentukan rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n \Delta t$.

Tahapan akhir pada analisis hidrologi pada suatu perencanaan teknis bangunan pengairan yaitu analisis debit banjir rancangan dengan kemungkinan terjadi pada kala ulang tertentu, sehingga penentuan debit banjir rancangan merupakan hal yang menentukan kualitas dari suatu perencanaan. Dalam studi ini analisis debit banjir rancangan dihitung menggunakan hidrograf satuan sintetis dengan metode HSS Gama 1.



Gambar 3. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I
Sumber: Bambang T. (2010, p.182).

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika digunakan untuk mengetahui perilaku aliran air dan kemampuan suatu penampang sungai atau saluran dalam mengalirkan debit banjir yang ditentukan. Pada studi ini analisis hidraulika dilakukan dengan menggunakan program aplikasi HEC-RAS versi 4.1.

Upaya Penanggulangan Banjir

Penanggulangan banjir pada dasarnya adalah tindakan-tindakan dalam rangka mengurangi kerugian-kerugian yang ditimbulkan oleh banjir. Tindakan-tindakan tersebut dapat dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu tindakan yang bersifat fisik (*structural measures*) dan tindakan yang bersifat non fisik (*non structural measures*).

Tindakan yang bersifat fisik (*structural measures*) seperti pengaturan alur sungai (*channel improvements*), pembangunan tanggul banjir sepanjang alur sungai, pembangunan kolam retensi (*retarding basin*), perbaikan lahan (*land treatment measure*) dan *flood proofing* (penyesuaian terhadap banjir).

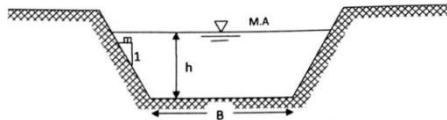
Sedangkan tindakan yang bersifat non fisik (*non structural measures*) seperti kegiatan pengaturan dan pengawasan berupa pengaturan penggunaan lahan pada dataran banjir (*flood plain management*), pengaturan dan pengawasan juga diperlukan untuk pembangunan pemukiman di daerah bantaran sungai dan dataran banjir serta penanaman di bantaran sungai serta kegiatan-kegiatan persiapan menghadapi bencana banjir.

Pada studi ini dilakukan upaya penanggulangan banjir secara fisik dengan perbaikan alur sungai atau normalisasi dan perencanaan tanggul.

Analisis Perencanaan Teknis

1. Perbaikan Alur Sungai atau Normalisasi

Perbaikan alur sungai atau normalisasi adalah usaha memperbesar kapasitas pengaliran sungai sehingga mampu untuk menampung debit banjir yang terjadi dan tidak meluap ke daerah di sekitar alur sungai tersebut.



Gambar 5. Penampang Saluran Trapezium
Sumber: Priyantoro (2010)

$$Q = A \cdot V \quad (3)$$

$$A = (B + mh)h \quad (4)$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S_o} \quad (5)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (6)$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (7)$$

Dengan:

Q = debit pengaliran (m^3/dt)

n = nilai kekasaran manning

v = kecepatan aliran (m/dt)

R = jari-jari hidrolis (m)

B = lebar dasar saluran (m)

P = keliling penampang basah (m)

h = kedalaman air (m)

m = kemiringan talud

S_o = kemiringan dasar sungai (m)

A = luas tampang basah (m^2).

2. Perencanaan Tanggul

Tanggul merupakan bangunan yang berada ditepi alur sungai berfungsi untuk menahan dan menambah kapasitas tampungan aliran sungai agar tidak meluber ke samping/ke daerah disekitar alur sungai.

Dalam studi ini tanggul direncanakan dengan jenis tipe tanggul urugan tanah dan tanggul dinding penahan (*retaining wall*).

Tabel 1. Hubungan Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Jagaan

No.	Debit Banjir Rancangan	Tinggi Jagaan
1.	< 200	0.6
2.	200 – 500	0.8
3.	500 – 2000	1.0
4.	2000 – 5000	1.2
5.	5000 – 10000	1.5
6.	> 10000	2.0

Sumber: Sosrodarsono (1994, p.87)

Tabel 2. Hubungan Debit Banjir Rancangan dengan Lebar Mercu Tanggul

No.	Debit Banjir Rancangan	Lebar Mercu
1.	< 500	3
2.	500 – 2000	4
3.	2000 – 5000	5
4.	5000 – 10000	6
5.	> 10000	7

Sumber: Sosrodarsono (1994, p.87)

2.1. Stabilitas Tanggul Urugan Tanah

a. Formasi garis depresi

Bila terdapat aliran rembesan di dalam tubuh tanggul, maka untuk menganalisis aliran rembesan diperlukan suatu formasi garis depresi dengan menggunakan metode Cassagrande (Sosrodarsono, 1977, p.156).

b. Stabilitas lereng tanggul metode Bishop

Dalam studi ini metode Bishop digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah seragam (homogen), dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

2.2. Stabilitas Tanggul Dinding Penahan (*Retaining Wall*)

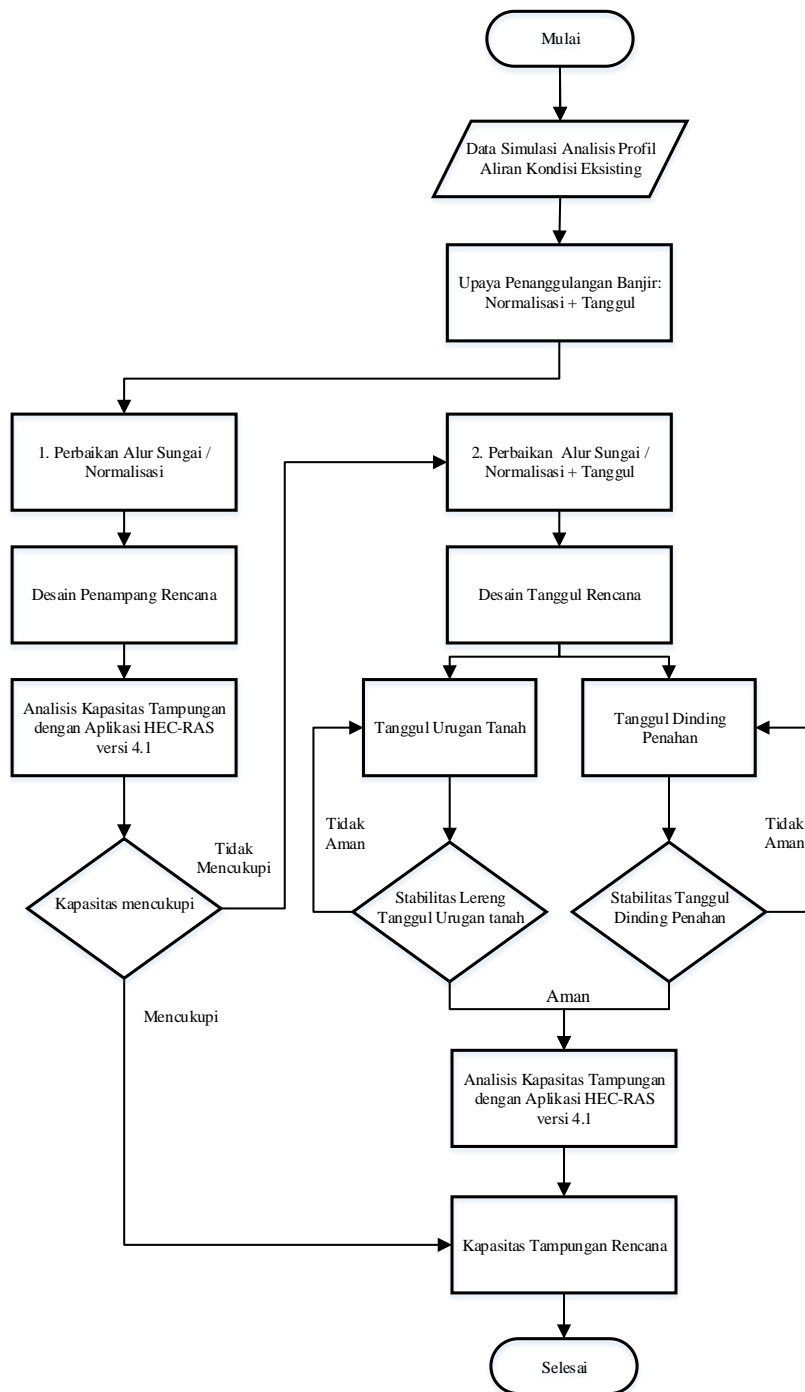
Pada stabilitas tanggul dinding penahan (*retaining wall*) terdapat gaya-gaya yang bekerja antara lain:

- Berat tubuh dinding penahan / berat sendiri (G)
- Gaya tekanan tanah aktif total tanah dasar (P_a)
- Gaya tekanan tanah pasif total tanah di depan dinding penahan (P_p)
- Tekanan air normal setinggi kondisi Muka Air Penuh (P_w)
- Tekanan angkat / air di bawah tanggul (P_u)
- Tekanan hidrodinamis (P_d)
- Reaksi pondasi (daya dukung tanah)

Analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut (Hardiyatmo, 2014, p.484):

- Faktor aman terhadap penggeseran dan penggulingan harus mencukupi.
- Tekanan yang terjadi pada tanah dasar fondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin.
- Stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat.

Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi harus tidak boleh berlebihan..



Gambar 6. Diagram Alir Pengerjaan Perencanaan Teknis upaya Penanggulangan Banjir (Normalisasi + Tanggul)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

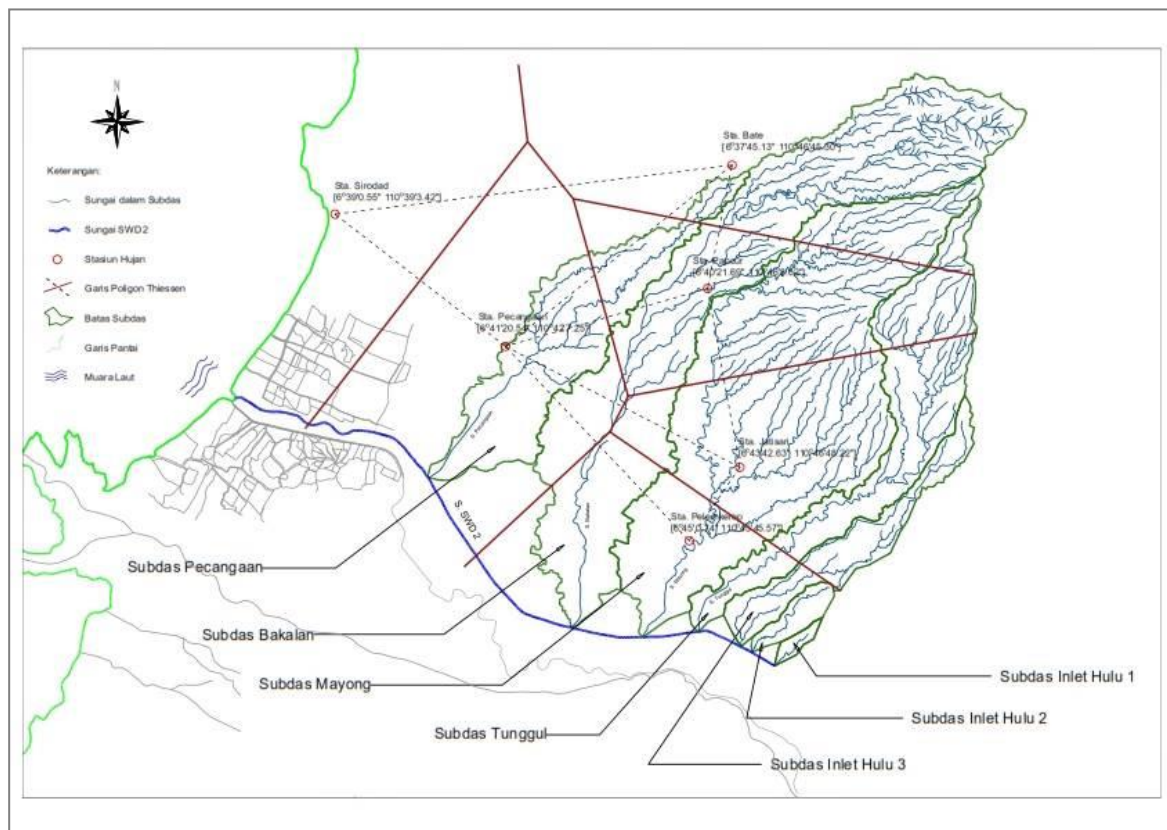
Dalam studi ini data hujan diperoleh dari stasiun-stasiun hujan yang berada disekitar daerah tangkapan Sungai SWD 2. Selanjutnya data hujan tersebut digunakan untuk analisis perhitungan hujan rerata daerah yang dilakukan pada tiap-tiap subdas yang telah ditentukan.

Perhitungan dilakukan dengan membuat garis bagi tegak lurus dari masing-masing garis hubung dan membentuk suatu poligon-poligon yang mengelilingi tiap-tiap stasiun hujann. Pada bagian sisi-sisi tiap poligon adalah batas-batas daerah stasiun hujan yang bersangkutan dan dihitung luasannya.

Tabel 3. Perhitungan Koefisien Thiessen pada masing-masing Subdas Input Sungai SWD 2

No	Subdas	Stasiun	Luas Subdas	Ai	Wi	Faktor Koreksi
			(km ²)	(km ²)	(%)	
1	Inlet Hulu 1	Pelemkerep	0.96	0.96	100.00	1.00
2	Inlet Hulu 2	Pelemkerep	3.00	3.00	100.00	1.00
3	Inlet Hulu 3	Pelemkerep	12.70	4.27	33.62	0.34
4	Tunggul	Jatisari	32.35	8.43	66.38	0.66
		Bate		2.16	6.67	0.07
		Pelemkerep		4.37	13.51	0.14
		Jatisari		17.75	54.88	0.55
5	Mayong	Pancur	89.46	8.07	24.94	0.25
		Bate		10.78	12.05	0.12
		Pelemkerep		16.96	18.95	0.19
		Jatisari		37.19	41.58	0.42
6	Bakalan	Pancur	78.40	24.53	27.42	0.27
		Bate		31.74	40.48	0.40
		Pecangaan		8.34	10.63	0.11
		Pelemkerep		16.32	20.82	0.21
7	Pecangaan	Jatisari	30.31	4.48	5.71	0.06
		Pancur		17.52	22.35	0.22
		Bate		1.82	6.02	0.06
		Pecangaan		21.86	72.13	0.72
		Pancur		6.63	21.86	0.22

Sumber: Analisis Perhitungan (2018).



Gambar 7. Peta Polygon Thiessen Daerah Tangkapan Sungai SWD 2

Sumber: Hasil Analisis Peta Rupabumi Digital (2018).

Selanjutnya melakukan analisis frekuensi pada tiap-tiap subdas dengan menggunakan Metode Log Pearson Tipe III dalam berbagai kala ulang. Dari hasil analisis frekuensi yang telah dilakukan dapat diperoleh hasil perhitungan Tr (kala ulang) didapatkan hasil R_t (hujan rancangan) salah satunya pada Subdas Tunggul antara lain Tr_{2th} didapatkan hasil $R_t = 104.55$ mm, Tr_{5th}

didapatkan hasil $R_t = 143.84$ mm, Tr_{10th} didapatkan hasil $R_t = 168.48$ mm, Tr_{25th} didapatkan hasil $R_t = 198.22$ mm, Tr_{50th} didapatkan hasil $R_t = 219.44$ mm.

Pada hasil uji kesesuaian distribusi dengan metode Chi-Square didapatkan hasil $x^2_{hitung} = 2.00$, untuk $x^2_{tabel (1\%)} = 6.635$, untuk $x^2_{tabel, 5\%} = 3.841$ sehingga untuk $x^2_{hitung} < x^2_{tabel (1\%)} = 2.00 < 6.635$ (data dapat

diterima), dan untuk $x^2_{hitung} < x^2_{tabel(5\%)}$
 $= 2.00 < 3.841$ (data dapat diterima).
 Selanjutnya uji kesesuaian distribusi metode
 Smirnov-Kolmogorof didapatkan hasil Δ_{hitung}
 $= 0.08$, untuk $\Delta_{cr(1\%)} = 0.404$, untuk $\Delta_{cr(5\%)}$
 $= 0.338$ sehingga untuk $\Delta_{hitung} < \Delta_{cr(1\%)}$
 (data dapat diterima), dan untuk Δ_{hitung}
 $< \Delta_{cr(5\%)}$ (data dapat diterima).

Setelah memperoleh curah hujan
 rancangan akan dilanjutkan dengan
 menghitung besarnya intensitas hujan jam-jam
 dengan metode ABM pada tiap-tiap subdas
 untuk mendapatkan hujan efektif yang akan
 digunakan untuk analisis banjir rancangan
 pada tahap selanjutnya.

Tabel 6. Distribusi Hujan Metode ABM untuk Berbagai Kala Ulang (Subdas Tunggal)

Jam	Rasio	Kumulatif	Hujan Jam-jaman (mm)				
			2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
1	6.75%	6.75%	4.94	6.79	7.96	9.36	10.36
2	10.03%	16.78%	7.34	10.10	11.83	13.92	15.41
3	55.03%	71.81%	40.27	55.41	64.90	76.36	84.53
4	14.30%	86.12%	10.47	14.40	16.87	19.85	21.97
5	7.99%	94.10%	5.85	8.04	9.42	11.08	12.27
6	5.90%	100.00%	4.32	5.94	6.95	8.18	9.06
Hujan Rancangan (Rt)			104.55	143.84	168.48	198.22	219.44
Koefisien Pengaliran			0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Hujan Efektif			73.18	100.69	117.93	138.75	153.61

Sumber: Analisis Perhitungan (2018).

Tahap selanjutnya menghitung debit
 banjir rancangan dengan menggunakan
 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) metode
 Gama 1. Metode ini digunakan dengan
 penyesuaian terhadap kondisi daerah studi dan
 parameter hitungnya yang meliputi, luas DAS
 (A), panjang alur sungai utama (L), Panjang
 alur sungai ke titik berat DAS (Lc), kerapatan
 jaringan kurus (D), faktor Sumber (SF),

frekuensi Sumber (SN), faktor Lebar (WF),
 luas DAS sebelah hulu (RUA), faktor Simetri
 (SIM) dan jumlah pertemuan sungai (JN).

Perhitungan debit banjir rancangan
 dihitung pada tiap-tiap subdas yang
 merupakan *inflow* yang masuk ke sungai
 SWD 2.

Tabel 7. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Maksimum masing-masing Subdas

Subdas	Debit Banjir Rancangan	Analisis Perhitungan Metode Gama 1				
		Q _{2th}	Q _{5th}	Q _{10th}	Q _{25th}	Q _{50th}
Inlet Hulu 1		11.24	15.69	18.58	22.17	24.79
Inlet Hulu 2		25.34	35.57	42.23	50.50	56.53
Inlet Hulu 3		41.54	55.71	65.67	89.18	89.18
Tunggal	(m ³ /dt)	97.53	130.43	151.07	175.98	193.75
Mayong		232.46	318.27	370.59	431.93	474.40
Bakalan		168.54	247.89	291.35	336.23	363.47
Pecangaan		83.69	107.29	118.27	128.41	133.96
Total		660.34	910.85	1057.76	1234.39	1336.06

Sumber: Analisis Perhitungan (2018).

Dari hasil analisis hidrologi yang telah
 dilakukan untuk perencanaan sungai, debit
 yang digunakan dengan berdasarkan
 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan
 Perumahan Rakyat Republik Indonesia
 Nomor 28/PRT/M/2015 Tentang Penetapan
 Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan
 Danau, bagian Lampiran I Bab II halaman 10,
 ditetapkan menggunakan debit banjir
 rancangan kala ulang 50 tahun, sehingga dapat
 representatif dalam penanganan banjir di
 Sungai SWD 2.

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dalam studi ini
 untuk dapat mengetahui profil aliran dan
 penampang sungai kondisi eksisting dan
 setelah penanganan dengan kala ulang 50
 tahun menggunakan program aplikasi HEC-
 RAS versi 4.1.

Dalam studi ini menggunakan profil
 aliran dengan metode *unsteady flow* pada
 program HEC-RAS, sehingga *input* data pada
 kondisi batas hulu yaitu *flow hydrograph* pada

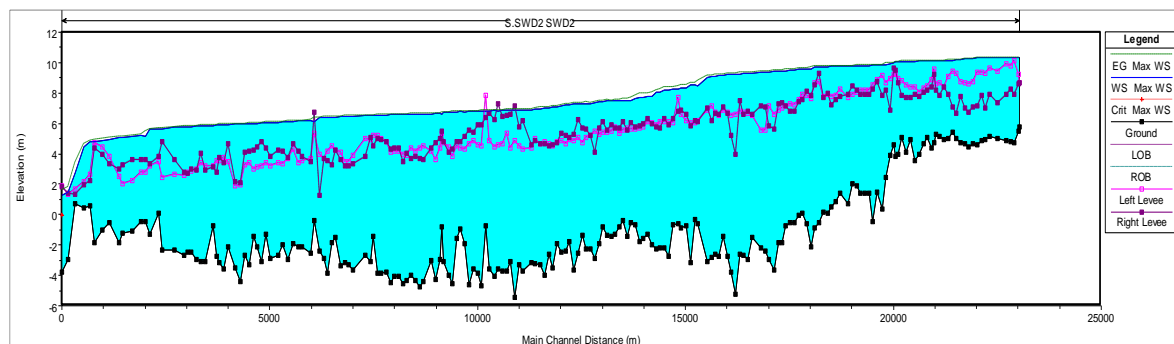
bagian hulu yang merupakan hidrograf menyajikan data besar debit rencana dan waktu, kondisi batas *lateral* yaitu *lateral inflow hydrograph* menyajikan data besar

debit rencana dan waktu, serta kondisi batas hilir yaitu *stage hydrograph* pada bagian hilir menyajikan data elevasi muka air dan waktu.

Tabel 8. Input Data Aliran Tidak Permanen (*Unsteady Flow*) Sungai SWD 2

Jam	Aliran Debit Rencana Kala Ulang 50 Tahun (m ³ /dt)							Tinggi Pasang Surut
	Inlet hulu 1	Inlet hulu 2	Inlet hulu 3	Tunggul	Mayong	Bakalan	Pecangaan	air laut (m)
	Flow Hydrograph			Lateral Inflow Hydrograph				Stage Hydroraph
0	0.88	1.47	5.45	9.97	17.49	15.55	5.35	0.84
1	3.58	3.85	10.09	14.56	41.26	33.28	16.68	0.93
2	5.87	10.35	19.78	25.98	93.48	72.59	32.52	0.92
3	24.79	32.07	60.10	76.76	304.07	231.39	121.83	1.03
4	15.41	56.53	89.18	131.55	474.40	363.47	133.96	1.15
5	10.13	45.41	84.68	193.75	457.59	362.22	129.07	1.14
6	7.47	32.23	78.80	193.56	427.10	347.42	120.72	1.23
7	3.91	21.59	69.15	171.93	376.00	315.30	103.53	1.25
8	2.44	12.33	58.14	146.21	315.66	274.41	88.35	1.14
9	1.73	7.12	49.35	118.20	266.73	239.86	75.51	1.06
10	1.34	4.41	42.02	95.04	225.83	209.93	64.66	0.95
11	1.13	3.00	35.92	76.84	191.64	183.98	55.48	0.83
12	1.02	2.26	30.83	62.54	163.06	161.51	47.73	0.74
13	0.95	1.88	26.60	51.29	139.17	142.03	41.17	0.62
14	0.92	1.69	23.07	42.45	119.20	125.15	35.63	0.55
15	0.90	1.58	20.13	35.50	102.51	110.52	30.95	0.54
16	0.89	1.53	17.68	30.04	88.56	97.84	26.99	0.53
17	0.89	1.50	15.64	25.75	76.89	86.86	23.64	0.52
18	0.88	1.49	13.94	22.37	67.15	77.34	20.81	0.64
19	0.88	1.48	12.52	19.72	59.00	69.10	18.42	0.63
20	0.88	1.48	11.34	17.63	52.19	61.95	16.40	0.62
21	0.88	1.47	10.36	15.99	46.49	55.76	14.69	0.75
22	0.88	1.47	9.54	14.71	41.73	50.39	13.25	0.74
23	0.88	1.47	8.86	13.69	37.75	45.74	12.03	0.73
24	0.88	1.47	8.29	12.90	34.43	41.71	10.99	0.82

Sumber: Analisis Pengolahan Data (2018).

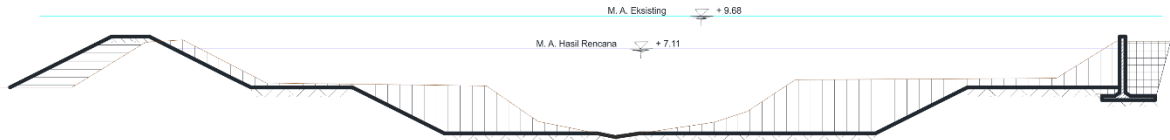


Gambar 9. Long Section WS Maximum Sungai SWD 2 dengan Q_{50th} Kondisi Eksisting
Sumber: Pengolahan data HEC-RAS (2018).

Berdasarkan hasil *running* HEC-RAS diketahui bahwa tinggi muka air yang terjadi pada Sungai SWD 2 cukup tinggi sehingga menyebabkan hampir keseluruhan *cross section* sungai dengan kondisi eksisting tidak mampu untuk menampung debit banjir kala ulang 50 tahun sehingga diperlukan upaya penanggulangan banjir dengan dalam studi ini yaitu perbaikan alur sungai/normalisasi dan tanggul.

Upaya Penanganan

Pada studi ini dilakukan upaya penanganan dengan perbaikan alur sungai / normalisasi dengan melakukan pelebaran atau pengerukan dasar sungai disesuaikan dengan bentuk penampang rencana dan perencanaan tanggul berupa pembangunan tanggul baru maupun peninggian tanggul yang telah ada apabila tinggi tanggul eksisting kurang mencukupi untuk dapat menampung debit rencana yang telah ditentukan.



Gambar 10. Tipikal Desain Perbaikan Penampang Sungai SWD 2 Patok 161 (STA 4+800)
Sumber: Perencanaan (2018).

Analisis Perencanaan Tanggul

Perencanaan tanggul dimaksudkan untuk menambah besarnya kapasitas tampungan sungai yang ditentukan sehingga dapat mampu menampung aliran debit rencana dan tidak meluap ke bagian kiri maupun kanan badan sungai.

Pada studi ini tanggul urugan tanah berjenis tanah homogen dengan kemiringan lereng 1:2 dan menggunakan analisis stabilitas lereng metode Bishop.

Sedangkan tanggul dinding penahan tanah berjenis tipe *cantiliver* dan menggunakan kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.

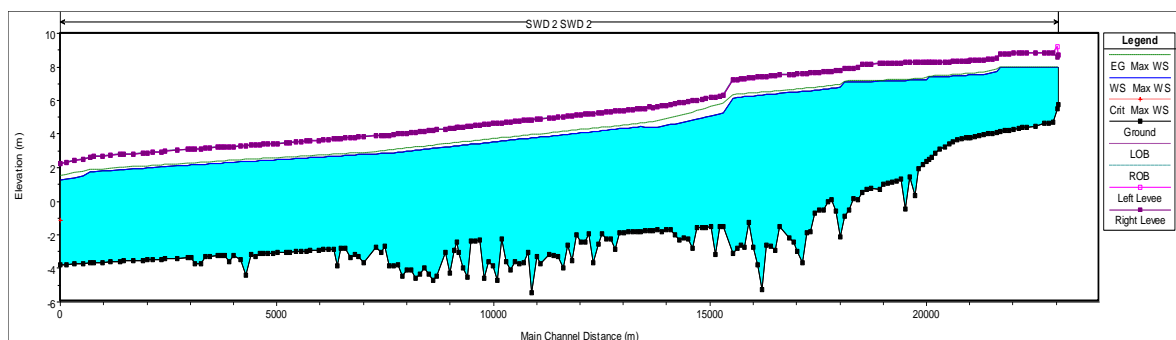
Tabel 7. Data Parameter Tanah yang digunakan

γ dry	γ wet	γ sat	γ water	γ sub	c	ϕ
t/m ³	t/m ³	t/m ³	t/m ³	t/m ³	t/m ²	°
1.208	1.732	1.755	1.000	0.755	3.000	17

Sumber: Data Mekanika Tanah (2017).

Dari hasil analisis stabilitas tanggul Sungai SWD 2, pada patok 161 (STA 4+800) yang dianggap paling kritis sehingga dianggap mewakili bentang tanggul pada Sungai SWD 2 diperoleh keamanan pada tanggul urugan tanah dengan metode Bishop antara lain, kondisi kosong tanpa gempa $4.41 > 1.50$

(aman), dengan gempa $4.37 > 1.20$ (aman); kondisi muka air penuh tanpa gempa $4.36 > 1.50$ (aman), dengan gempa $4.32 > 1.20$ (aman); kondisi *rapid drawdown* tanpa gempa $4.14 > 1.50$ (aman), $4.10 > 1.20$ (aman). Sedangkan pada hasil stabilitas keamanan tanggul dinding penahan antara lain, kondisi kosong tanpa gempa terhadap guling $2.88 > 1.50$ (aman), geser $1.63 > 1.50$ (aman), daya dukung tanah $q_{ult} = 81.72 \text{ t/m}^2$, $q_{max} = 7.58 < 81.72 \text{ t/m}^2$ (aman), $q_{min} = 0.54 \text{ t/m}^2 < 81.72 \text{ t/m}^2$ (aman), $SF = 13.97 > 3$ (aman); kondisi kosong dengan gempa terhadap guling $2.36 > 1.20$ (aman), geser $1.36 > 1.20$ (aman), daya dukung tanah $q_{ult} = 88.09 \text{ t/m}^2$, $q_{max} = 8.83 \text{ t/m}^2 < 88.09 \text{ t/m}^2$ (aman), $q_{min} = 0.28 \text{ t/m}^2 < 88.09 \text{ t/m}^2$ (aman), $SF = 13.29 > 3$ (aman); kondisi muka air penuh tanpa gempa terhadap guling $8.39 > 1.50$ (aman), geser $2.11 > 1.50$ (aman), daya dukung tanah $q_{ult} = 81.81 \text{ t/m}^2$, $q_{max} = 4.04 \text{ t/m}^2 < 81.81 \text{ t/m}^2$ (aman), $q_{min} = 3.16 \text{ t/m}^2 < 81.81 \text{ t/m}^2$ (aman), $SF = 21.79 > 3$ (aman); kondisi muka air penuh dengan gempa terhadap guling $5.39 > 1.20$ (aman), geser $1.83 > 1.20$ (aman), daya dukung tanah $q_{ult} = 88.42 \text{ t/m}^2$, $q_{max} = 4.01 \text{ t/m}^2 < 88.42 \text{ t/m}^2$ (aman), $q_{min} = 3.20 \text{ t/m}^2 < 88.42 \text{ t/m}^2$, $SF = 23.62 > 3$ (aman).



Gambar 11. Long Section WS Maximum Sungai SWD 2 dengan Q_{50th} Kondisi setelah Penanganan
Sumber: Pengolahan data HEC-RAS (2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain,

kapasitas tampungan Sungai SWD 2 pada hasil *running* kondisi eksisting dengan program HEC-RAS dapat diketahui terdapat 208 *cross section* Sungai SWD 2 yang tidak dapat menampung debit rencana kala ulang 50

tahun sehingga perlu adanya upaya penanggulangan banjir.

Upaya penanggulangan banjir dilakukan dengan perbaikan alur sungai / normalisasi dan perencanaan tanggul. Pada hasil analisis stabilitas tanggul yang dilakukan pada patok 161 (STA 4+800) yang dianggap paling kritis dan dapat mewakili bentang tanggul pada Sungai SWD 2 dilakukan stabilitas tanggul urugan tanah metode Bishop dengan analisis kondisi kosong dengan gempa dan tanpa gempa serta kondisi muka air penuh dengan gempa dan tanpa gempa diperoleh hasil aman yang masih diatas faktor keamanan (SF) yang telah ditentukan. Sedangkan pada stabilitas tanggul dinding penahn dengan kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah dengan kondisi dengan gempa dan tanpa gempa menunjukkan hasil masih diatas faktor keamanan (SF) yang telah ditentukan, sehingga perencanaan tanggul aman terhadap kontrol stabilitas yang telah dilakukan.

Dari hasil analisis dan perencanaan yang telah dilakukan dalam upaya penanggulangan banjir dengan normalisasi dan perencanaan tanggul didapatkan kondisi keseluruhan dari bagian ruas-ruas di Sungai SWD 2 dapat menampung debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun.

Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, maka dapat disampaikan saran sebagai berikut.

1. Usaha penanggulangan banjir Sungai SWD 2 selain dilakukan secara fisik bagian sungai juga diperlukan usaha perlindungan dan konservasi pada daerah aliran Sungai SWD 2.
2. Selain dengan melakukan perbaikan alur sungai atau normalisasi dan pembangunan tanggul perlu dilakukan usaha perawatan secara berkala dengan menjaga kondisi alur Sungai SWD 2 tetap pada kondisi yang baik sehingga tetap berada pada kondisi yang stabil dan aman apabila terjadi turun hujan yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana. (2016). Kerangka Acuan Kerja: *Sistem Pengendalian Banjir Wulan Hilir (SWD 1 dan SWD 2) Kab. Jepara, Kab. Kudus dan Kab. Demak*. Semarang: Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2014). *Analisa dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan (KP-04)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015). *Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*. Jakarta: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Makrup, Lalu. (2001). *Dasar-Dasar Analisis Aliran di Sungai dan Muara*. Yogyakarta: UII Press.
- Priyantoro, Dwi. (2010). *Buku Ajar: Hidrolika Saluran Terbuka*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Raju, K.G. Ranga. (1986). *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono dan Tominaga, Masiteru. (1994). *Perbaikan Sungai dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Theodosius, Gunawan dan Saleh, Margaret. (2003). *Ditat Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Beton I Jilid 2*. Jakarta: Delta Teknik Group Jakarta.
- Triadmodjo, Bambang. (2010). *Hidrologi Praktis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- USACE. (2010). *Hydraulic Reference Manual HEC-RAS v.4.1*. California: U.S. Army Corps of Engineers.