JICE - Jurnal Infrastruktur dan Teknik Sipil
Vol. 06, No. 3, (Nov, 2026),
Hal. 489-504

Diterima redaksi : 17 07 2026
Revisi terakhir : 19 11 2026
Diterbitkan online : 25 11 2026

JICE
JOURNAL OF INFRASTRUCTURE AND CIVIL ENGINEERING
Web: http://jice.sttp-yds.ac.id/index.php/jice/index
ISSN: 2809-5030 (online) 2809-5227 (print)



Evaluasi Tanggul Sungai Cisanggarung Dalam Mengurangi Risiko Banjir di Daerah Cirebon

Fazri Nurul Ramadhan[1*], Ohan Farhan[2]

[1,2] *Program Studi Teknik Sipil, Universitas Swadaya Gunung Jati, Jl. Pemuda Raya No 32, Cirebon*

*fazrinr26@gmail.com

Abstrak

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di wilayah Desa Tawangsari, Kecamatan Losari, Kabupaten Cirebon akibat meningkatnya debit Sungai Cisanggarung pada musim hujan. Keberadaan tanggul di sepanjang sungai berfungsi sebagai bangunan pengendali banjir, namun efektivitasnya perlu dievaluasi untuk mengetahui kemampuan tanggul dalam mengurangi risiko banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting tanggul, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja tanggul, serta menilai efektivitas tanggul dalam mengurangi limpasan dan genangan banjir. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan analisis hidrologi menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III untuk menentukan curah hujan rancangan dan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu untuk memperoleh debit banjir rencana. Selanjutnya dilakukan analisis hidraulika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS berdasarkan data geometri sungai dan debit rencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi fisik tanggul masih mampu menahan aliran sungai pada beberapa kala ulang, namun ditemukan beberapa permasalahan berupa erosi lereng, pertumbuhan vegetasi liar, dan penurunan kualitas tanggul yang berpotensi menurunkan stabilitas struktur apabila tidak dilakukan pemeliharaan secara berkala. Simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa kapasitas tanggul masih berfungsi dalam mengendalikan muka air banjir pada lokasi penelitian, meskipun diperlukan peningkatan pemeliharaan untuk menjaga efektivitasnya dalam jangka panjang. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar teknis dalam pengelolaan dan evaluasi tanggul Sungai Cisanggarung sebagai upaya pengurangan risiko banjir di Kabupaten Cirebon.

Kata kunci: *Efektivitas Tanggul, Banjir, HEC-RAS, HSS Nakayasu, Log Pearson Tipe III, Sungai Cisanggarung.*

1. Pendahuluan

Wilayah Cirebon Timur, khususnya Desa Tawangsari, Kecamatan Losari, merupakan kawasan yang berada di sepanjang alur Sungai Cisanggarung dan memiliki kerentanan tinggi terhadap kejadian banjir. Sungai Cisanggarung berfungsi sebagai saluran utama pengaliran air hujan dan limpasan dari daerah hulu menuju hilir. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, banjir masih terjadi secara berulang dan menimbulkan dampak berupa genangan pada kawasan permukiman, kerusakan lahan pertanian, serta terganggunya aktivitas sosial dan

https://doi.org/10.35583/jice.v6i3.217

ekonomi masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pengendalian banjir yang telah dibangun belum mampu mengurangi risiko banjir secara optimal [1].

Sebuah infrastruktur tanggul sungai. Tanggul berfungsi menahan luapan air agar tetap berada di dalam alur sungai ketika terjadi peningkatan debit akibat curah hujan tinggi.[2], [3]s Keberadaan tanggul di Desa Tawangsari diharapkan mampu mengurangi risiko banjir, namun tingkat efektivitasnya dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kapasitas penampang sungai, kondisi fisik tanggul, stabilitas struktur, serta sistem operasi dan pemeliharaan yang dilakukan secara berkelanjutan [4].

Hasil pengamatan lapangan masih memperlihatkan pada beberapa segmen tanggul terjadi penurunan elevasi, erosi lereng, pertumbuhan vegetasi tidak terkendali, dan juga indikasi rembesan ketika muka air sungai naik. Selain itu, sedimentasi yang terjadi di dasar sungai mengurangi kapasitas penampang aliran sehingga meningkatkan potensi limpasan ke daerah sekitar meskipun tanggul telah dibangun [1]. Sementara itu, konversi lahan di dalam daerah aliran sungai (DAS) Cisanggarung pun memicu limpasan permukaan yang menyebabkan debit banjir sungai makin bertambah [5].

Banyak penelitian yang melakukan pengendalian banjir secara umum meneliti tentang hidrologi, model hidrolik, maupun sistem bangunan pengendali banjir.[6] Tapi, studi yang menggabungkan analisa hidrologi, model hidraulik menggunakan HEC-RAS serta evaluasi kondisi fisik tanggul untuk menilai seberapa efisieno tanggul di Sungai Cisanggarung masih terbilang sangat sedikit. Pendekatan ini diperlukan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat efektivitas tanggul dalam mengendalikan banjir berdasarkan kondisi hidrologi dan hidraulika aktual di lapangan[7]

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas tanggul Sungai Cisanggarung dalam mengurangi risiko banjir di Desa Tawangsari, Kecamatan Losari, Kabupaten Cirebon. Analisis dilakukan melalui penentuan debit banjir rencana menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III dan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, kemudian dilanjutkan dengan simulasi hidraulika menggunakan HEC-RAS serta evaluasi kondisi fisik tanggul berdasarkan hasil observasi lapangan.[8], [9]. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi instansi pengelola sumber daya air dalam meningkatkan efektivitas pengendalian banjir serta mendukung perencanaan pemeliharaan dan pengembangan tanggul secara berkelanjutan [10].

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tawangsari, Kecamatan Losari, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat, yang merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisanggarung. Wilayah penelitian dipilih karena termasuk kawasan yang sering mengalami banjir akibat peningkatan debit Sungai Cisanggarung pada musim hujan serta telah memiliki tanggul sebagai infrastruktur pengendali banjir yang perlu dievaluasi efektivitasnya.

2.2. Data yang Digunakan

Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengintegrasikan analisis hidrologi, hidraulika, dan kondisi fisik tanggul. Data yang digunakan adalah data sekunder dan data yang diperoleh dari observasi lapangan. Data sekunder meliputi data curah hujan harian,dengan 2 stasiun yaitu stasiun Cirebon yang berada di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Cisanggarung dan BMKG stasiun Cirebon, data karakteristik sungai, data topografi, Model Elevasi Digital (DEM), serta informasi teknis tanggul yang diperoleh dari instansi terkait. Sementara itu, observasi lapangan dilakukan untuk menentukan kondisi tanggul, termasuk kemiringan, elevasi tanggul, indikasi erosi, rembesan, dan keberadaan vegetasi yang dapat memengaruhi kinerja struktur.

2.3. Tahapan Analisis

Langkah-langkah analisis dimulai dengan analisis hidrologi untuk menentukan curah hujan desain menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III. Metode ini dipilih karena kemampuannya untuk mempertimbangkan karakteristik data hidrologi yang biasanya tidak terdistribusi normal. Curah hujan desain yang diperoleh kemudian digunakan sebagai input dalam estimasi debit banjir desain berdasarkan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (SUH). Debit banjir dihitung untuk beberapa periode ulang sebagai ilustrasi berbagai skenario kejadian banjir.

Langkah selanjutnya adalah analisis hidraulika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS versi 6.5. Pemodelan dilakukan dengan memasukkan data geometri sungai termasuk garis tengah sungai, garis tepi sungai, penampang melintang, data elevasi, dan Koefisien kekasaran Manning (Manning's roughness coefficient) merupakan parameter hidraulika yang digunakan untuk merepresentasikan hambatan aliran akibat kondisi permukaan saluran. Dalam pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS, nilai koefisien kekasaran Manning ditetapkan sebesar 0,025 pada badan sungai. Nilai tersebut digunakan untuk merepresentasikan karakteristik kekasaran dasar dan dinding sungai yang memengaruhi kecepatan serta profil muka air aliran.

Penentuan nilai koefisien kekasaran Manning perlu mempertimbangkan kondisi fisik saluran, jenis material dasar dan tebing sungai, keberadaan vegetasi, serta kondisi morfologi sungai. Untuk bagian tanggul dan dataran banjir, nilai koefisien kekasaran ditentukan berdasarkan karakteristik tutupan lahan dan kondisi permukaan masing-masing area. Debit yang diperoleh dari analisis hidrologi digunakan sebagai kondisi batas (BC) dalam model untuk menghitung profil permukaan air, kapasitas penampang sungai, dan potensi limpasan pada setiap skenario aliran.

2.4. Metode Analisis

Dilakukan evaluasi efektivitas tanggul melalui perbandingan antara elevasi muka air hasil simulasi HEC-RAS dengan elevasi puncak tanggul pada setiap penampang yang dianalisis. Selain itu, hasil simulasi dipadukan dengan hasil observasi lapangan untuk mengidentifikasi pengaruh kondisi fisik tanggul terhadap kinerjanya dalam mengendalikan banjir. Efektivitas tanggul dinilai berdasarkan kemampuan struktur dalam menahan debit banjir rencana, kondisi fisik bangunan, serta potensi terjadinya limpasan *(overtopping).*

Alur penelitian secara umum terdiri atas pengumpulan data, analisis hidrologi menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III, Analisis frekuensi curah hujan dalam penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan tiga jenis distribusi probabilitas, yaitu Distribusi Gumbel, Distribusi Log-Normal, dan Distribusi Log Pearson Tipe III. Pemilihan distribusi dilakukan melalui pengujian kesesuaian distribusi *(goodness of fit test)* untuk mengetahui sejauh mana distribusi teoritis mampu merepresentasikan karakteristik data curah hujan observasi. Pengujian kesesuaian distribusi dilakukan menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Kedua pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara distribusi probabilitas teoritis dan distribusi data empiris. Distribusi dinyatakan memenuhi persyaratan apabila nilai statistik hasil pengujian tidak melampaui nilai kritis pada tingkat signifikansi yang ditetapkan.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, Distribusi Log Pearson Tipe III dipilih sebagai distribusi yang digunakan dalam analisis curah hujan rancangan karena memberikan tingkat kesesuaian yang paling baik terhadap data curah hujan observasi dibandingkan Distribusi Gumbel dan Log-Normal. Selain itu, distribusi Log Pearson Tipe III memiliki fleksibilitas dalam merepresentasikan karakteristik data melalui parameter kemencengan *(skewness),* sehingga dapat mengakomodasi distribusi data yang tidak simetris. dan metode HSS Nakayasu, pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS, evaluasi kondisi fisik tanggul, serta interpretasi hasil analisis untuk menyusun rekomendasi teknis dalam meningkatkan efektivitas tanggul sebagai sistem pengendali banjir di Sungai Cisanggarung.

2.5 Alur Penelitian

Alur penelitian ini disusun untuk menggambarkan tahapan analisis dalam mengevaluasi efektivitas tanggul terhadap pengendalian banjir berdasarkan kondisi hidrologi dan hidraulika di lokasi penelitian. Penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan banjir serta pengumpulan data primer dan sekunder yang meliputi data curah hujan, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), kondisi geometrik sungai, dan kondisi eksisting tanggul. Selanjutnya, dilakukan analisis hidrologi untuk memperoleh karakteristik hujan rancangan dan debit banjir rencana berdasarkan periode ulang tertentu. Perhitungan debit banjir dilakukan dengan menggunakan metode yang sesuai dengan karakteristik DAS, sehingga diperoleh hidrograf banjir sebagai dasar analisis hidraulika. Tahap berikutnya adalah analisis hidraulika untuk mengetahui karakteristik aliran sungai, profil muka air banjir, serta potensi limpasan terhadap tanggul. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan tanggul dalam mengendalikan banjir berdasarkan kondisi eksisting di lapangan. Pada tahap akhir, hasil analisis hidrologi dan hidraulika diinterpretasikan untuk mengetahui tingkat efektivitas tanggul serta mengidentifikasi permasalahan yang berpotensi memengaruhi kinerja tanggul dalam pengendalian banjir. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam penyusunan kesimpulan dan rekomendasi penanganan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Person III

Metode Log Pearson Tipe III dipilih karena merupakan salah satu prosedur yang direkomendasikan dalam analisis frekuensi hidrologi, khususnya untuk data curah hujan maksimum yang menunjukkan distribusi non-normal. Metode ini didasarkan pada rata-rata logaritmik, deviasi standar, dan koefisien kemiringan (skewness), sehingga dapat memberikan estimasi curah hujan desain yang lebih representatif.

Tabel 1 Perhitungan Log Pearson III

No.	Tahun	R (mm)	Log R	Log R − Rerata Log R	(Log R − Rerata Log R)²	(Log R − Rerata Log R)³
1	2018	7.188	0.857	-0.128	0.016	-0.0021
2	2019	6.455	0.810	-0.175	0.031	-0.0050
3	2020	9.252	0.966	-0.018	0.000	0.0000
4	2021	49.301	1.693	0.708	0.502	0.3550
5	2022	8.686	0.939	-0.046	0.002	0.0000
6	2023	6.074	0.783	-0.201	0.040	-0.0080
7	2024	7.178	0.856	-0.129	0.017	-0.0020
8	2025	9.409	0.974	-0.011	0.000	0.0000
Jumlah (Σ)			7.877	**JUMLAH**	0.608	0.337
Rerata			0.985			
Standar deviasi (Sdlog R)			0.295			
Banyak data (n)			8.000			
Cs (skewness)			2.510			

Contoh Perhitungan :

Tabel Log Pearson III dihitung menggunakan rumus sebabgai berikut :

1. Log R = log(R(mm))
   = log (7,188)
   = 0,857
2. Log R - RerataLog R = log R – Rerata log R
   = 0,857 – 0,985
   = -0,128

3. [Log R - RerataLog R]^2 = (log R – Rerata log R)^2
   = (-0,128)^2
   = 0,016
4. [Log R - RerataLog R]^3 = (log R – Rerata log R)^3
   = (-0,128)^3
   = 0,0021

Tabel 2 Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III

CURAH HUJAN RANCANGAN DISTRIBUSI LOG PEARSON III					
Kala Ulang [Tr] (Tahun)	**Pr (%)**	**K**	**K.SdLog R**	**Log Rancangan**	**R Rancangan (mm)**
2	50.0	-0.3610	-0.1063	0.8780	7.56
5	20.0	0.5160	0.1521	1.1370	13.70
10	10.0	1.2490	0.3682	1.3530	22.53
25	4.0	2.2630	0.6669	1.6520	44.83
50	2.0	3.0500	0.8990	1.8840	76.51
100	1.0	3.8500	1.1347	2.1190	131.63
200	0.5	4.6580	1.3730	2.3580	227.87
1000	0.1	6.5610	1.9336	2.9180	828.55

Tabel Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III dihitung menggunakan rumus sebabgai berikut :

1. Pr (%) $= \frac{1}{Kala\ Ulang\ Tr} x100$
   $= \frac{1}{2} x100$
   = 50
2. K.Sd_{Log} R = K x Standar deviasi (Sd_{log} R)
   = -0.361 x 0,295
   = -0,1063
3. Log $R_{rancangan}$ = Rerata Log R 0000 + K.Sd_{Log} R
   = 0,985 + -0,1063
   = 0,878
4. $R_{rancangan}$ (mm) = 10^Log Rrancangan
   = 10^0,878
   = 7,56

3.2. Analisis Debit Banjir Rencana (HSS Nakayasu)

Tabel 3 Distribusi Log Pearson III

Kala Ulang (Tr)	Hujan Rancangan (mm)
2	7.6
5	13.7
10	22.5
25	44.8
50	76.5
100	131.6
200	227.9
1000	828.5

Rangkuman nilai curah hujan diperoleh dari analisis Log Pearson Tipe III. Angka tersebut kemudian dikalikan dengan cc luas DAS untuk mendapatkan hujan efektif. Apabila periode ulang yang lebih besar diterapkan, maka curah hujan efektif yang dihasilkan juga akan meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa volume muka air yang mengalir ke sungai akan meningkat, maka kini debit banjir menjadi lebih besar. Untuk itu, informasi yang terdapat pada tabel ini merupakan dasar penting untuk menyusun hidrograf banjir dengan teknik HSS Nakayasu.

Tabel 4 Distribusi Hujan Jam-jaman

Kala ulang		**(Tahun)**	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**200**	**1000**
Hujan Rancangan		(mm)	7.56	13.70	22.53	44.83	76.51	131.63	227.87	828.55
Koef. Pengaliran			0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616
Hujan netto (hujan efektif)		(mm)	4.65	8.44	13.88	27.62	47.13	81.09	140.37	510.38
No.	**Jam ke-t**	**Prosentase Hujan Jam ke-t**	**Hujan netto setengah-jam (mm/jam)**							
			2 Tahun	**5 Tahun**	**10 Tahun**	**25 Tahun**	**50 Tahun**	**100 Tahun**	**200 Tahun**	**1000 Tahun**
1	1.0	55.03%	2.56	4.64	7.64	15.20	25.94	44.62	77.25	280.88
2	2.0	14.30%	0.67	1.21	1.99	3.95	6.74	11.60	20.08	73.01
3	3.0	10.03%	0.47	0.85	1.39	2.77	4.73	8.14	14.08	51.21
4	4.0	7.99%	0.37	0.67	1.11	2.21	3.76	6.48	11.21	40.77
5	5.0	6.75%	0.31	0.57	0.94	1.86	3.18	5.47	9.47	34.43
6	6.0	5.90%	0.27	0.50	0.82	1.63	2.78	4.78	8.28	30.09
		100%								
Hujan netto (hujan efektif)		**(mm/hari)**	4.65	8.44	13.88	27.62	47.13	81.09	140.37	510.38

Pada tabel yang menunjukkan distribusi curah hujan per jam, curah hujan efektif dibagi menjadi beberapa interval waktu selama enam jam. Tujuan dari distribusi ini adalah untuk mendapatkan pola hujan yang mendekati keadaan sebenarnya, sehingga hidrograf banjir yang dihasilkan dapat lebih akurat. Dapat dilihat bahwa puncak intensitas hujan terjadi pada jam pertama, dengan kontribusi sekitar 55,03% dari total hujan efektif. Setelah itu, intensitas curah hujan menurun secara bertahap selama jam-jam selanjutnya sampai mencapai sekitar 5,90% di jam keenam. Pola distribusi ini mencerminkan karakteristik hujan di Indonesia, yang umumnya memiliki intensitas tinggi di awal hujan sebelum secara perlahan menurun. Distribusi ini dipergunakan sebagai dasar dalam penyusunan hidrograf banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu.

3.3. Analisis Hidraulika Menggunakan HEC-RAS

Analisis aliran air dalam penelitian ini dilakukan dengan HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center–River Analysis System), simulasi skenario aliran di Sungai Cisanggarung dibangun dengan geometri sungai dan debit banjir desain berdasarkan analisis hidrologi. Tahap awal simulasi mencakup data geometri sungai seperti dasar sungai, tepi kiri dan kanan sungai, penampang melintang, dan koefisien kekasaran Manning.

Data ini didasarkan pada survei lapangan, data topografi, dan informasi dari instansi terkait sehingga dapat mewakili kondisi aktual sungai. Kemudian, debit banjir desain

dimasukkan sebagai kondisi batas ke model HEC-RAS. Simulasi memberikan parameter hidraulik berupa elevasi permukaan air, kecepatan aliran, distribusi energi, dan kapasitas penampang melintang sungai dalam mengalirkan banjir.

Tabel 5 Rekapitulasi Kala Ulang dan Banji Rencana

Kala Ulang (Tr)	Banjir Rancangan (m^3/det)
2	102.0
5	184.9
10	304.2
25	605.1
50	1,032.6
100	1,776.7
200	3,075.7
1000	11,183.4

Profil permukaan air hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan elevasi puncak tanggul untuk menilai kecukupan tinggi tanggul. Jika elevasi permukaan air berada di bawah puncak tanggul, maka tanggul tersebut dianggap mampu menahan debit banjir desain. Sebaliknya, jika elevasi permukaan air lebih tinggi dari elevasi tanggul, luapan mungkin terjadi sehingga meningkatkan risiko banjir. Selain itu, hasil model diterapkan untuk menemukan area di mana aliran berkecepatan tinggi kemungkinan akan menyebabkan potensi erosi di dasar sungai atau lereng tanggul. Oleh karena itu, analisis hidraulik dengan HEC-RAS digunakan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja tanggul dan untuk mengembangkan rekomendasi teknis guna meningkatkan kapasitas pengendalian banjir di area studi[11].

Berikut adalah langkah-langkah analisis hidraulik yang menerapkan HEC-RAS.

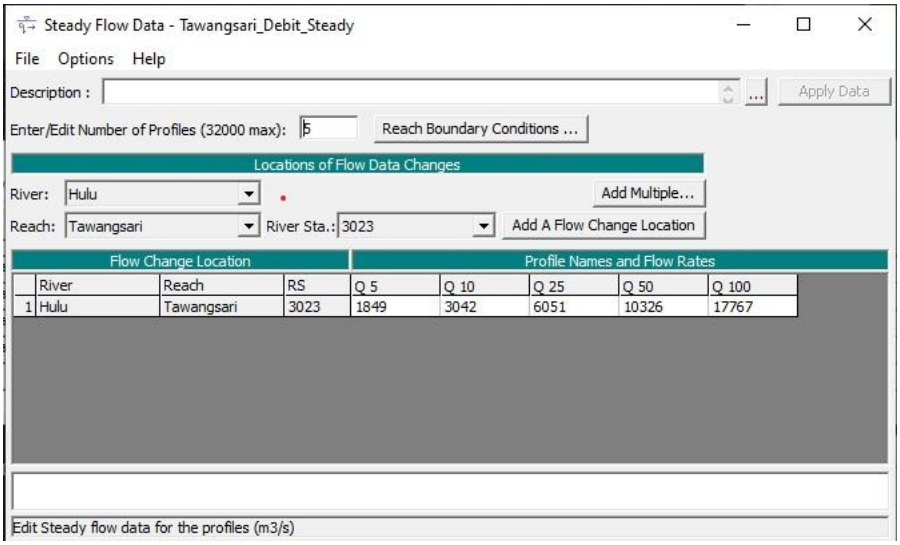
a. Input Data HEC-RAS



Gambar 1. Geometri Sungai

Pemodelan hidraulika dilakukan menggunakan HEC-RAS 6.x dengan memasukkan data geometri Sungai Cisanggarung yang terdiri atas alur sungai (river centerline), penampang melintang (cross section), bank line, dan data elevasi hasil Digital Elevation Model (DEM). Pada penelitian ini digunakan lima penampang melintang utama, yaitu pada River Station (RS) 3023, 2450, 1879, 1360, dan 802.

b. Input Data Debit



Gambar 2. Debit Rencana

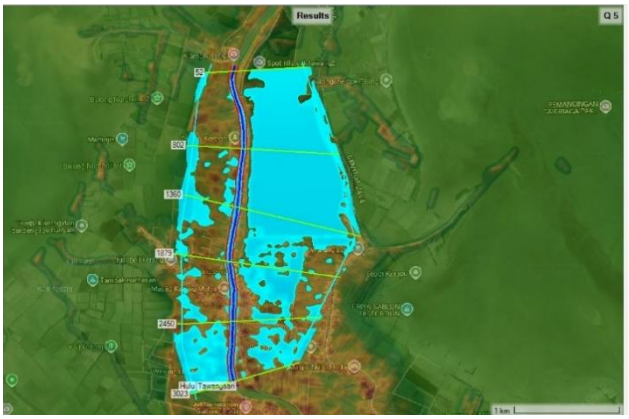
Aliran yang direncanakan digunakan sebagai DATA ALIRAN dalam model HEC-RAS untuk mensimulasikan kondisi hidraulik Sungai Cisanggarung pada berbagai periode ulang banjir. Debit Mcfs diperoleh dari analisis hidrologi menggunakan metode Nakayasu HSS, dan dimasukkan ke dalam menu Dalam pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS, selain menetapkan kondisi batas hulu (upstream boundary condition) berupa debit aliran, perlu ditentukan pula kondisi batas hilir (downstream boundary condition) sebagai dasar perhitungan profil muka air sepanjang ruas sungai yang dimodelkan. Kondisi batas hilir ditetapkan berdasarkan karakteristik aliran dan ketersediaan data hidraulika di lokasi penelitian. Apabila tidak tersedia data muka air terukur di hilir, kondisi batas dapat menggunakan pendekatan normal depth dengan memasukkan nilai kemiringan energi (energy slope) yang mewakili kemiringan dasar atau kemiringan energi sungai. Sementara itu, apabila tersedia data elevasi muka air di hilir, kondisi batas dapat ditetapkan menggunakan known water surface elevation. (Stasiun Sungai/RS 3023). Nilai debitnya adalah 1.849 m^3/s untuk Q5, 2.25 m^3/s untuk Q10, 6.051 m^3/s untuk Q25, 10.326 m^3/s untuk Q50 dan 17.767 m^3/s untuk Q100.

Peningkatan debit pada setiap periode ulang menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang banjir, semakin besar pula debit puncak yang harus ditampung oleh Sungai Cisanggarung. Diagnostik dijalankan pada setiap debit desain untuk menentukan profil permukaan air, kecepatan aliran, kapasitas aliran penampang, dan potensi limpasan.

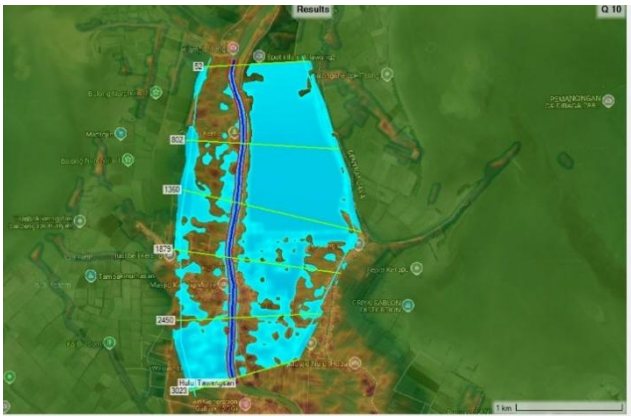
Debit Q5 sesuai dengan banjir yang relatif sering terjadi, sedangkan Q100 sesuai dengan banjir ekstrem dengan potensi kerusakan terbesar. Hasil simulasi yang tidak terkopel digunakan untuk menilai seberapa baik sungai dan tanggul mampu menahan aliran (ketinggian permukaan air vs. ketinggian puncak tanggul). Jika permukaan air melampaui puncak tanggul, limpasan dapat terjadi dan mengakibatkan genangan di sekitar sungai.

Secara keseluruhan, penggunaan beberapa skenario debit membantu memberikan gambaran tentang kinerja Sungai Cisanggarung pada berbagai kondisi banjir. Semakin tinggi debit yang disimulasikan, semakin tinggi ketinggian permukaan air yang dihasilkan. Hasil ini menjadi dasar untuk menilai efektivitas tanggul yang ada, serta mengidentifikasi kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas sungai dan perbaikan tanggul di bagian yang rentan terhadap limpasan.

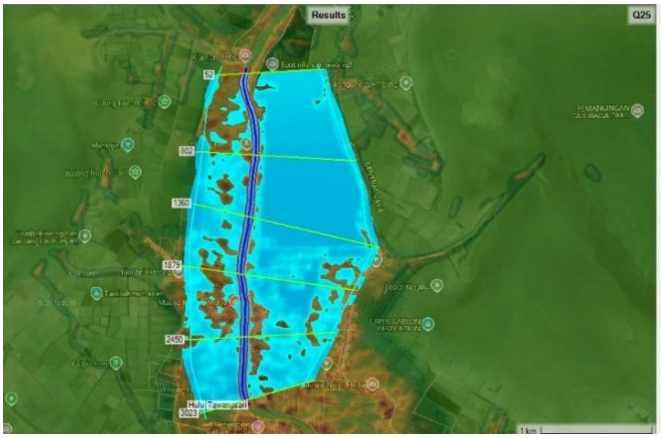
c. Hasil Simulasi HEC-RAS



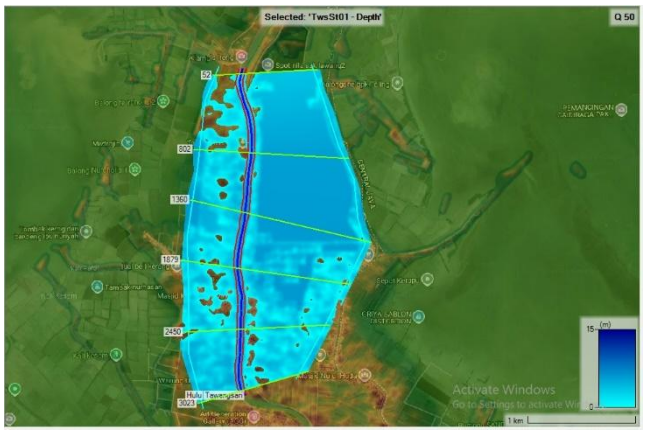
Gambar 3. Peta Hasil Permodelan Genangan Banjir Kala Ulang 5 Tahun



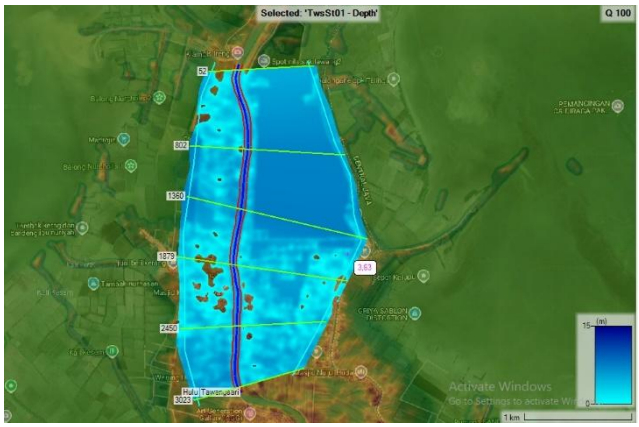
Gambar 4. Peta Hasil Permodelan Genangan Banjir Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 5 Peta Hasil Permodelan Genangan Banjir Kala Ulang 25 Tahun



Gambar 6. Peta Hasil Permodelan Genangan Banjir Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 7. Peta Hasil Permodelan Genangan Banjir Kala Ulang 100 Tahun

Berdasarkan hasil simulasi HEC-RAS 6.x pada RAS Mapper, dilakukan pemodelan genangan banjir untuk debit rencana kala ulang Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100. Simulasi bertujuan untuk menganalisis perubahan sebaran genangan, kedalaman banjir, serta mengevaluasi kemampuan Sungai Cisanggarung dan tanggul eksisting dalam mengalirkan debit banjir rencana.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa luas dan kedalaman genangan meningkat seiring bertambahnya debit banjir. Pada Q5 (1.849 m^3/det), genangan masih terbatas di sekitar bantaran sungai dan sebagian besar aliran masih dapat ditampung oleh penampang sungai. Pada Q10 (3.042 m^3/det), elevasi muka air meningkat sehingga genangan mulai meluas ke dataran banjir dan mulai memengaruhi beberapa area permukiman serta lahan pertanian.

Pada Q25 (6.051 m^3/det), penyebaran genangan menjadi lebih luas dan menggenangi sebagian besar dataran rendah di sepanjang sungai. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas Sungai Cisanggarung mulai mendekati batas maksimum dan kemampuan tanggul menahan debit banjir mulai menurun pada beberapa segmen.

Simulasi Q50 (10.326 m^3/det) memperlihatkan genangan yang semakin meluas dengan kedalaman banjir yang lebih besar. Peningkatan muka air menyebabkan potensi overtopping semakin tinggi, terutama pada lokasi dengan elevasi tanggul rendah atau penampang sungai yang mengalami sedimentasi.

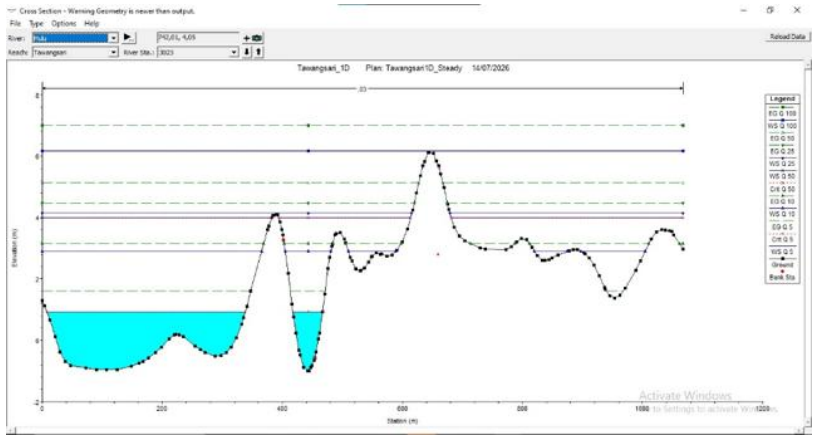
Pada Q100 (17.767 m^3/det), genangan menjadi yang paling luas dan dalam dibandingkan seluruh skenario. Muka air melampaui kapasitas penampang sungai sehingga air

menyebar ke dataran banjir dan berpotensi mengganggu permukiman, lahan pertanian, serta infrastruktur di sekitar Sungai Cisanggarung.

Secara keseluruhan, hasil pemodelan menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara debit banjir dan luas genangan. Semakin besar debit yang disimulasikan, semakin tinggi elevasi muka air dan semakin luas area yang tergenang. Sungai Cisanggarung dan tanggul eksisting masih mampu mengendalikan banjir pada debit relatif kecil, namun efektivitasnya menurun pada kala ulang besar, terutama Q50 dan Q100.

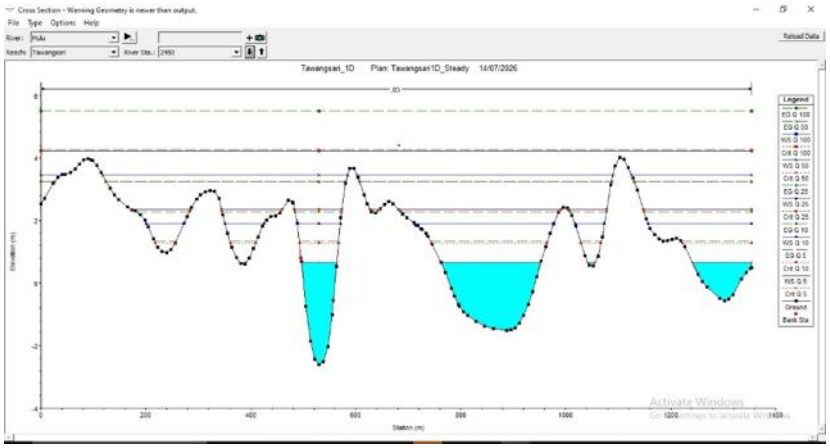
Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan upaya peningkatan kapasitas pengendalian banjir melalui normalisasi sungai untuk mengurangi sedimentasi, peninggian dan penguatan tanggul pada lokasi kritis, serta pemeliharaan rutin bantaran sungai. Pengendalian tata guna lahan pada dataran banjir juga penting untuk meminimalkan risiko kerugian akibat banjir pada kejadian dengan kala ulang besar. Hasil simulasi HEC-RAS ini dapat dijadikan dasar evaluasi kinerja tanggul dan acuan dalam perencanaan pengendalian banjir di Desa Tawangsari dan sekitarnya.

3.4 Analisis Penampang Melintang



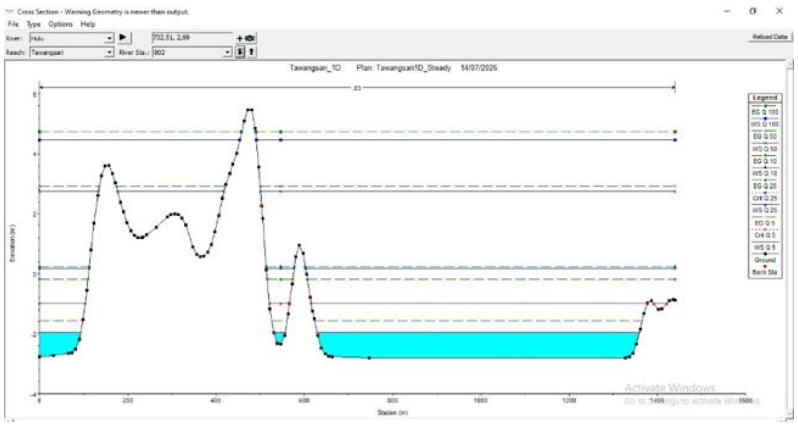
(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

Gambar 8. Penampang Melintang Sungai RS 3023



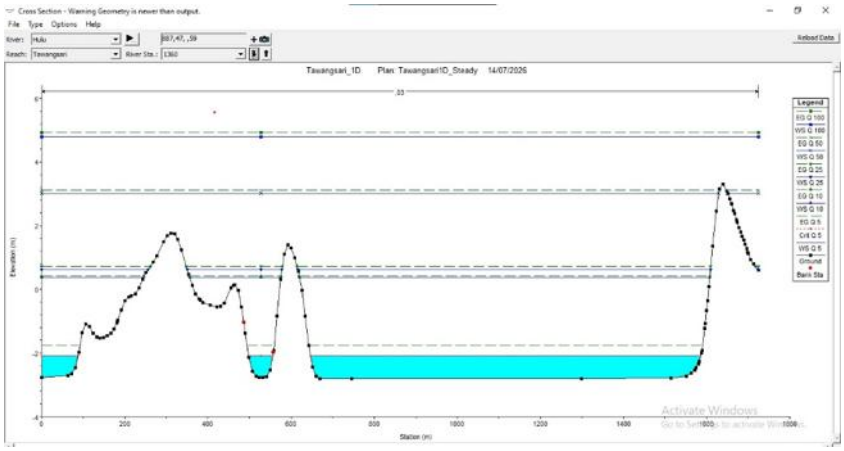
(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

Gambar 9. Penampang Melintang Sungai RS 2450



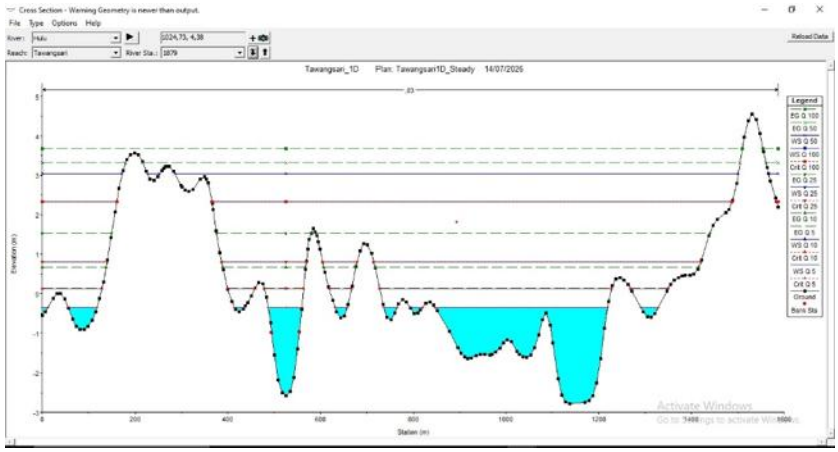
(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

Gambar 10. Penampang Melintang Sungai RS 1879



(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

Gambar 11. Penampang Melintang Sungai RS 1360



(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

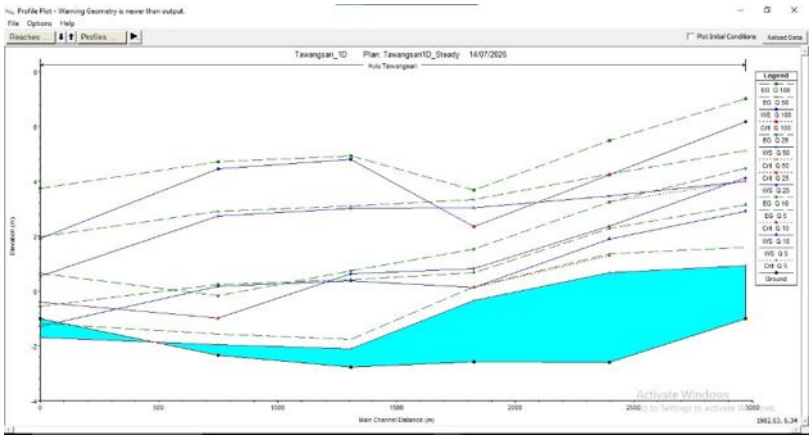
Gambar 12. Penampang Melintang Sungai RS 802

Berdasarkan hasil simulasi HEC-RAS di penampang LRS-3023, 2450, 1879, 1360, dan 802, dilakukan review terhadap profil muka air (Water Surface Elevation/WS) pada laju aliran debit untuk debit banjir rencana Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100. Simulasi menunjukkan bahwa peningkatan aliran mempertinggi muka air pada semua penampang, namun tanggapan bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan karakteristik geometri sungai.

RS 3023, memiliki ruang penampang yang cukup lebar, dan pada semua periode ulang lebar muka air tetap di bawah elevasi bangunan. Di RS 2450 dan 1879, kenaikan muka air mengurangi nilai freeboard sehingga penampang mulai mendekati nilai maksimum. RS 1360 relatif sempit sehingga lebih mudah terhadap peningkatan debit, sedangkan untuk RS 802, muka air debit Q100 sangat dekat dengan puncak tanggul.

Secara umum dapat dikatakan bahwa belum ditemukan penampang yang tidak bisa mengalirkan debit banjir rencana tanpa membanjiri tanah disekitarnya.Demikian pula,dari hasil analisis pada setiap gilir balik dapat dilihat bahwa menurunnya nilai freeboard pada RS 2450, RS 1360 dan RS 802 mengindikasikan segmen tersebut merupakan yang harus diprioritaskan pemeliharaannya dalam hal pengendalian sedimentasi serta peningkatan kapasitas agar efektifitas pengendalian banjirnya tetap terjaga.

3.5 Analisis Profil Muka Air



(Sumber : Permodelan HEC-RAS)

Gambar 13. Profil Muka Air

Berdasarkan hasil simulasi Profile Plot HEC-RAS, diperoleh profil memanjang Sungai Cisanggarung untuk debit banjir kala ulang Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100. Grafik menunjukkan hubungan antara elevasi dasar sungai, muka air (Water Surface), dan garis energi (Energy Grade) sehingga dapat diketahui perubahan muka air di sepanjang sungai.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar debit banjir, semakin tinggi elevasi muka air. Pada Q5, muka air masih mengikuti bentuk dasar sungai dan berada jauh di bawah puncak tanggul sehingga kapasitas sungai masih mencukupi. Pada Q10 dan Q25, muka air meningkat tetapi masih dapat ditampung oleh penampang sungai. Pada Q50, muka air mulai mendekati puncak tanggul di beberapa lokasi, terutama pada bagian sungai yang lebih sempit atau memiliki perubahan kemiringan. Sementara pada Q100, muka air mencapai elevasi tertinggi.

Secara keseluruhan, Sungai Cisanggarung masih mampu menampung debit banjir hingga Q100, meskipun tingkat keamanan tanggul semakin berkurang pada debit yang lebih besar. Oleh karena itu, pemeliharaan sungai, pengendalian sedimentasi, dan peningkatan kapasitas pada lokasi-lokasi kritis tetap diperlukan untuk menjaga efektivitas pengendalian banjir.

3.6 Evaluasi Tanggul Sungai Cisanggarung

Berdasarkan hasil observasi, tanggul Sungai Cisanggarung masih berfungsi melindungi permukiman dan lahan pertanian dari luapan sungai. Namun, pada beberapa bagian ditemukan vegetasi liar, erosi lereng, dan kerusakan ringan yang memerlukan pemeliharaan. Jika tidak ditangani, kondisi tersebut dapat menurunkan stabilitas tanggul dan meningkatkan risiko rembesan maupun kerusakan saat terjadi banjir besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fisu et al. (2023) dan Sina Syaelendra et al. (2022) yang menyatakan bahwa pemeliharaan rutin sangat diperlukan untuk menjaga fungsi tanggul.

3.7 Evaluasi Berdasarkan Hasil Simulasi HEC-RAS

Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa kenaikan debit banjir menyebabkan elevasi muka air meningkat. Pada kondisi eksisting, tanggul masih mampu menahan aliran hingga debit rencana, meskipun pada beberapa penampang muka air sudah mendekati puncak tanggul sehingga ruang bebas semakin kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas sungai masih mencukupi, tetapi potensi limpasan dapat meningkat apabila terjadi sedimentasi atau debit banjir yang lebih besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Steven Reinaldo Rusli et al. (2016) dan Sekar Salsabila et al. (2025).

3.8 Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Tanggul

Efektivitas tanggul dipengaruhi oleh curah hujan, debit banjir, kapasitas penampang sungai, sedimentasi, kondisi fisik tanggul, dan pemeliharaan. Semakin besar debit banjir, semakin tinggi muka air sungai sehingga beban pada tanggul meningkat. Sedimentasi juga mengurangi kapasitas penampang sungai, sedangkan kerusakan fisik tanggul dapat menurunkan kemampuannya dalam menahan tekanan air. Hasil ini sesuai dengan penelitian Pramitha et al. (2020) serta Juha I. Uitto dan Rajib Shaw (2018).

3.9 Tingkat Efektivitas Tanggul Sungai Cisanggarung

Berdasarkan evaluasi kondisi fisik, analisis hidrologi, dan simulasi HEC-RAS, tanggul Sungai Cisanggarung masih efektif dalam mengendalikan banjir di Desa Tawangsari. Tanggul mampu mengurangi risiko luapan ke permukiman dan lahan pertanian. Namun, efektivitasnya belum sepenuhnya optimal karena dipengaruhi oleh peningkatan debit banjir, sedimentasi, vegetasi liar, erosi lereng, dan perlunya pemeliharaan berkala. Secara umum, hasil penelitian ini mendukung penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa keberhasilan pengendalian banjir tidak hanya bergantung pada keberadaan tanggul, tetapi juga pada kapasitas sungai, kondisi fisik bangunan, serta pemeliharaan yang berkelanjutan.

4. Kesimpulan

1. Hasil analisis hidrologi menunjukkan bahwa curah hujan rancangan meningkat seiring bertambahnya kala ulang. Berdasarkan distribusi Log Pearson Tipe III, diperoleh curah hujan rancangan sebesar 7,56 mm untuk kala ulang 2 tahun, 13,70 mm untuk 5 tahun, 22,53 mm untuk 10 tahun, 44,83 mm untuk 25 tahun, 76,51 mm untuk 50 tahun, 131,63 mm untuk 100 tahun, 227,87 mm untuk 200 tahun, dan 828,55 mm untuk 1.000 tahun. Peningkatan curah hujan rancangan tersebut menjadi dasar dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu.
2. Hasil pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS menunjukkan bahwa peningkatan debit banjir rencana menyebabkan kenaikan elevasi muka air di sepanjang ruas Sungai Cisanggarung yang dimodelkan. Respons hidraulik pada setiap penampang menunjukkan perbedaan sesuai dengan karakteristik geometrinya. Penampang RS 3023 memiliki kapasitas relatif lebih besar, sedangkan RS 2450, RS 1879, RS 1360, dan RS 802

menunjukkan pengurangan ruang bebas (freeboard) pada peningkatan debit tertentu. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa karakteristik geometrik penampang berpengaruh terhadap kemampuan sungai dalam mengalirkan debit banjir.

3. Hasil evaluasi terhadap tanggul eksisting menunjukkan bahwa tanggul masih berperan dalam mengurangi risiko limpasan sungai terhadap permukiman dan lahan pertanian. Namun, peningkatan debit banjir menyebabkan ruang bebas antara elevasi muka air dan puncak tanggul semakin berkurang pada beberapa penampang. Oleh karena itu, efektivitas tanggul tidak hanya ditentukan oleh keberadaan dan ketinggian struktur, tetapi juga dipengaruhi oleh kapasitas penampang sungai dan kondisi fisik tanggul.
4. Berdasarkan hasil observasi lapangan, ditemukan beberapa kondisi yang berpotensi memengaruhi kinerja tanggul, antara lain vegetasi liar, erosi lereng, dan kerusakan ringan pada bagian tertentu. Selain itu, sedimentasi berpotensi mengurangi kapasitas penampang sungai dalam mengalirkan debit banjir. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemeliharaan sungai dan tanggul secara berkala diperlukan untuk mempertahankan fungsi pengendalian banjir.
5. Secara keseluruhan, efektivitas tanggul Sungai Cisanggarung dalam mengendalikan banjir masih dipengaruhi oleh besarnya debit banjir rencana, kapasitas hidraulik penampang sungai, serta kondisi fisik bangunan tanggul. Upaya peningkatan efektivitas pengendalian banjir perlu diarahkan pada pengendalian sedimentasi, pemeliharaan dan perbaikan tanggul, serta peningkatan kapasitas penampang pada lokasi-lokasi yang memiliki ruang bebas terbatas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan teknis dalam perencanaan dan pengelolaan sistem pengendalian banjir di wilayah penelitian.

Daftar Pustaka

[1] D. N. K. Setiyono, A. Sentani, and ..., “Analisis Debit Banjir dan Perencanaan Tanggul Menggunakan Aplikasi HEC-RAS (Studi Kasus Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang),” *J. Tek. SIPIL …*, 2025.

[2] R. Abegaz, J. Xu, and F. Wang, “Flood impacts on civil infrastructure systems: A comprehensive review of impacts, modeling tools, emerging technologies, and mitigation strategies,” *Nat. Hazards Rev.*, 2026, doi: 10.1061/NHREFO.NHENG-2477.

[3] M. Abdel-Fattah, S. A. Kantoush, M. Saber, and ..., “Evaluation of structural measures for flash flood mitigation in wadi abadi region of Egypt,” *J. Hydrol. …*, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002034.

[4] S. P. S. Istamal, D. Febriyanti, and ..., “EFEKTIVITAS PENGENDALIAN DAN PENCEGAHAN BANJIR DI KOTA PALEMBANG (STUDI KASUS DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG KOTA …,” *J. Ilmu Adm. …*, 2025.

[5] L. W. Lestari, N. D. M. Al Qibtiyah, I. C. Nugraha, and ..., “Mitigasi bencana banjir melalui normalisasi Daerah Aliran Sungai Beringin dan pemanfaatan flood early warning system di Kelurahan Mangkang Wetan,” *Reg. J. …*, 2024.

[6] I. P. Hartawan, A. N. Ahmadito, L. S. Qhairaan, and ..., “Pengendalian Banjir Sungai Cikeruh Sapan Kabupaten Bandung,” *J. Tek. …*, 2025, [Online]. Available: https://jurnal2.untagsmg.ac.id/index.php/jts/article/view/3056

[7] R. Handayani, M. R. Mustamin, and ..., “Simulasi Banjir Sungai Bila dan Evaluasi Efektivitas Penanganannya Berbasis Model HEC-HMS dan HEC-RAS,” *J. Appl. …*, 2025, [Online]. Available: https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JACEE/article/view/5408

[8] I. Shustikova, A. Domeneghetti, J. C. Neal, and ..., “Comparing 2D capabilities of HEC-RAS and LISFLOOD-FP on complex topography,” *Hydrol. …*, 2019, doi: 10.1080/02626667.2019.1671982.

[9] V. A. Rangari, V. Sridhar, N. V Umamahesh, and ..., "Floodplain mapping and management of urban catchment using HEC-RAS: a case study of Hyderabad City," *J. Inst. ...*, 2019, doi: 10.1007/s40030-018-0345-0.

[10] F. W. Afriliawan, A. Siddha, and ..., "EFEKTIVITAS KINERJA BADAN PENANGGULANGAN BENCANA DAERAH DALAM RANGKA PENANGGULANGAN BENCANA BANJIR DI KABUPATEN BANDUNG ...," *Prax. Ideal. J. ...*, 2024.

[11] S. J. Zeiger and J. A. Hubbart, "Measuring and modeling event-based environmental flows: An assessment of HEC-RAS 2D rain-on-grid simulations," *J. Environ. Manage.*, 2021,