


## Kajian Pengendalian Banjir di Sungai Asam Kota Jambi menggunakan Analisis *Flood Damage Reduction*

Aji Prakoso Nimanto<sup>1</sup>, Nasywa Hanin H<sup>2</sup>, Ardy Satriya<sup>3</sup>, Vika Febriyani<sup>4</sup>, Ekanto Wahyudi Susetyo<sup>5</sup>, Yosephina Puspa S<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Institut Teknologi Bandung

Email: [ajiprakosonimanto@gmail.com](mailto:ajiprakosonimanto@gmail.com)

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1153>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 20 May 2025

Revised: 31 May 2025

Accepted: 9 Juny 2025

#### Kata kunci

Banjir, Kota Jambi, Sungai Asam, Pengendalian Banjir, Reduksi Kerugian Banjir Remaja

#### Keywords

Flood, Jambi City, Asam River, Flood Control, Flood Damage Reduction



### ABSTRACT

Kota Jambi sebagai ibu kota Provinsi Jambi memiliki peran strategis sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, dan jasa. Namun, banjir menjadi permasalahan yang masih sering terjadi akibat kapasitas Sungai Batang Hari dan anak sungainya, seperti Sungai Asam, yang tidak mampu menampung aliran dari hulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis debit banjir Sungai Asam, tinggi dan luas genangan sebelum dan sesudah upaya pengendalian banjir, serta mengevaluasi efektivitas pengendalian banjir. Debit banjir rencana Q25 sebesar 159,71 m<sup>3</sup>/det. Tiga alternatif pengendalian dianalisis, yaitu: (1) normalisasi sungai sepanjang 12,09 km, (2) pembangunan kolam retensi seluas 8,87 ha, dan (3) pembangunan tanggul sepanjang 10,6 km. Pemodelan banjir dengan HEC-RAS 2D menunjukkan luas genangan eksisting sebesar 199,71 ha, yang mengalami reduksi menjadi 148,50 ha (25,64%) untuk alternatif normalisasi, 182,84 ha (8,45%) untuk kolam retensi, dan 190,33 ha (4,7%) untuk tanggul. Berdasarkan analisis Flood Damage Reduction, alternatif normalisasi memberikan nilai reduksi kerugian ekonomi tertinggi sebesar Rp11,093 miliar dan dipilih sebagai opsi pengendalian banjir paling optimal.

Jambi City, the capital of Jambi Province, serves as the center of government, trade, and services. However, frequent flooding remains a significant issue due to the limited capacity of the Batang Hari River and its tributaries, such as the Asam River, to accommodate upstream runoff. The objective of this study is to analyze the flood discharge of the Asam River, as well as inundation depth and area before and after flood control measures, and to evaluate the effectiveness of these measures. The design flood discharge for a 25-year return period (Q25) is estimated at 159.71 m<sup>3</sup>/s. Three flood control alternatives were assessed: (1) river normalization along 12.09 km, (2) construction of an 8.87-hectare retention pond, and (3) construction of a 10.6 km levee. Two-dimensional hydraulic modeling using HEC-RAS 2D shows the existing inundation area is 199.71 ha, which is reduced to 148.50 ha (25.64%) by river normalization, 182.84 ha (8.45%) by the retention pond, and 190.33 ha (4.7%) by the levee. Based on a Flood Damage Reduction analysis, river normalization provides the highest economic loss reduction value of IDR 11.093 billion and is selected as the most optimal flood control option.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

**How to Cite:** Aji Prakoso Nimanto, et al (2025) Kajian Pengendalian Banjir di Sungai Asam Kota Jambi menggunakan Analisis Flood Damage Reduction, 3(4). 3803-3817 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1153>

### PENDAHULUAN

Kota Jambi merupakan ibukota Provinsi Jambi dengan peran strategis sebagai pusat pemerintahan, perdagangan dan jasa terbesar di Provinsi Jambi (Jamaika, 2023). Banjir merupakan salah

satu permasalahan yang masih sering terjadi di Kota Jambi. Peristiwa banjir di Kota Jambi cenderung meningkat dari tahun 2001 sampai 2005 baik dari frekuensi kejadian maupun luas wilayah banjir (Ridwan, 2012). Banjir yang terjadi Kota Jambi disebabkan oleh kapasitas dasar sungai Batang Hari dan anak-anak sungai seperti Sungai Asam yang merupakan sungai orde 2 dari Sungai Batang Hari yang terletak di tengah Kota Jambi tidak lagi mampu menampung aliran banjir dari hulu. Sebagian besar Kota Jambi memiliki tingkat kerawanan banjir pada kategori rawan yaitu seluas 9254.82 ha (58%), sedangkan untuk wilayah yang cukup aman terhadap banjir seluas 2849.14 ha (18%) (Pryastuti, 2021).

Penyebab terjadinya banjir di Kota Jambi (Yachiyo Engineering, 2023): 1). Adanya pendangkalan Sungai akibat sedimentasi; 2). Terdapat Perubahan tata guna lahan pada DAS Asam menyebabkan berkurangnya daerah ruang terbuka hijau; 3). Pemukiman pada bantaran Sungai menyebabkan penyempitnya badan sungai; 4). Tingginya muka air di Sungai Batanghari akibat hujan di hulu, sehingga diperlukan operasional pompa dalam mengalirkan debit banjir dari Sungai Asam ke Sungai Batang Hari.

Perubahan tataguna lahan dan dan tutupan lahan berdampak pada frekuensi dan karakteristik curah hujan (Farid, 2022)

Berikut merupakan beberapa kejadian banjir yang terjadi di Kota Jambi (BWS Sumatera VI Jambi, 2023): Tanggal 1 Mei 2023 terdapat 17 titik kejadian banjir dengan ketinggian banjir antara 15 - 90 cm, dengan curah hujan sebesar 123 mm setara dengan banjir kala ulang 10 tahun (Q10th); Tanggal 30 Mei 2023 terdapat 3 titik lokasi banjir dengan ketinggian banjir antara 40-50 cm, dengan curah hujan sebesar 75 mm, yang berdampak pada ± 150 KK.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir di Sungai Asam, tinggi dan luas genangan sebelum dan sesudah pelaksanaan pengendalian banjir, serta analisis hasil reduksi banjir Sungai Asam setelah adanya pengendalian banjir menggunakan simulasi hidrologi HEC-HMS dan pemodelan hidrolika menggunakan HEC-RAS 2D. Untuk analisis klasifikasi genangan banjir dan estimasi besaran kerugian mengacu Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dan pemilihan perencanaan pengendalian banjir, akan dilakukan dengan menggunakan analisis *Flood Damage Reduction*.

## METODE

### Lokasi Studi

Sungai Asam berada di wilayah administrasi Kota Jambi, Provinsi Jambi dengan luas 29,05 Km<sup>2</sup>. Sungai Asam tergolong sungai orde 2 dengan panjang 12,04 kilometer dengan lebar variatif antara 1 hingga 10 meter. Kemiringan sungai landai yang berkisar antara 0,0038 – 0,00089. Terdapat 2 sungai orde 3 pada DAS Asam yaitu anak sungai Zaidi Saleh dengan panjang 2,45 kilometer dan anak sungai Simpang Pertamina dengan panjang 2,29 kilometer. Gambar 1 menunjukkan lokasi wilayah studi yang dikaji pada penelitian ini.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Wilayah Studi DTA Asam

### Bahan dan Metode

Data curah hujan untuk analisis hidrologi dalam penelitian ini diperoleh dari Pos Curah Hujan (PCH) Sipin dari Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Jambi dan PCH Sultan Thaha dari BMKG Jambi selama periode 22 tahun (2003–2024). Data *Digital Elevation Model* (DEM) diperoleh dari DEM

Nasional (Demnas), sedangkan data tutupan diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang digunakan dalam proses parameterisasi DAS. Analisis debit banjir dilakukan menggunakan HEC-HMS dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS-CN serta pemodelan hidrolika menggunakan model HEC-RAS 2D.

#### **Analisis Tutupan Lahan**

Data tutupan lahan diolah menggunakan perangkat lunak Arc Map versi 10.8 untuk menghasilkan peta tutupan lahan pada masing-masing tahun. Melalui overlay spasial dan analisis temporal, perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun dapat diidentifikasi, termasuk tren konversi lahan seperti alih fungsi kawasan hutan menjadi permukiman atau lahan terbangun lainnya. Peta tutupan lahan yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai input parameter dalam pemodelan hidrologi pada perangkat lunak HEC-HMS. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS, khususnya dalam mempengaruhi nilai Curve Number (CN) yang berimplikasi langsung terhadap limpasan permukaan dan potensi banjir. Tutupan lahan memiliki peran signifikan terhadap debit puncak, di mana bertambahnya luas lahan kedap air menyebabkan peningkatan volume limpasan dan besarnya debit maksimum (Sachro, et al., 2017). Oleh sebab itu pentingnya pemilihan metode yang sesuai karakteristik DAS (Sultan, et al., 2022).

#### **Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi dilakukan dengan perhitungan curah hujan menggunakan data hujan PCH Sipin dan PCH BMKG Sulthan Thaha selama periode 22 tahun (2003–2024), diikuti dengan analisis periode ulang curah hujan untuk interval 2, 5, 10, 25, 50, dan 100. Selanjutnya, dilakukan analisis tutupan lahan untuk menentukan nilai Curve Number (CN) pada setiap periode, yang kemudian digunakan untuk menghitung debit banjir yang direncanakan.

CN atau Curve Number merupakan angka yang menyatakan fungsi dari karakteristik DAS, seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah (Triatmodjo, 2019). Nilai CN bervariasi mulai dari 0 sampai 100, dimana semakin tinggi nilai CN menunjukkan bahwa permukaan lahan kedap air. Nilai CN dapat dihitung dengan memperhitungkan tutupan lahan DAS yang akan dilakukan pengamatan. Perhitungan nilai CN dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$CN = \left( \frac{\sum A_i CN_i}{A_i} \right) \quad (1)$$

dimana:

$A_i$  : luas area jenis tutupan lahan

$CN_i$  : nilai CN untuk jenis tutupan lahan

Perhitungan nilai Initial abstraction (Ia) menggunakan persamaan berikut:

$$Ia = 0.2 S \quad (2)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

Dimana:

Ia : Initial abstraction (mm)

S : potensi tampungan DAS (mm)

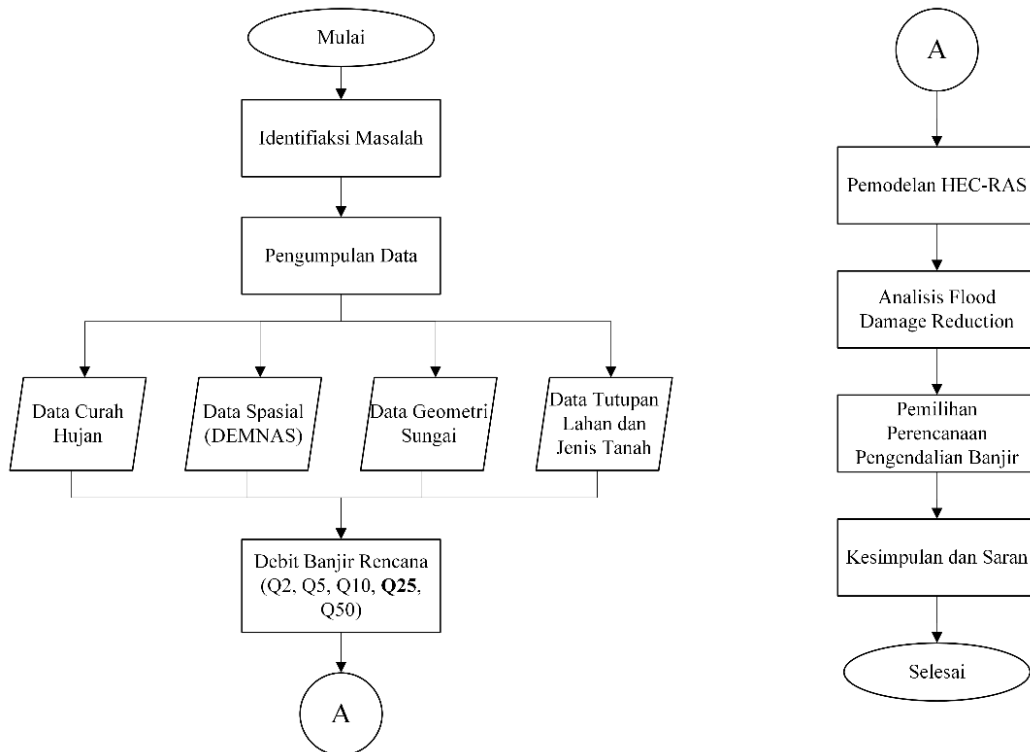
#### **Analisis Debit Banjir Rancangan**

DTA Asam berada di Kawasan Ibukota Provinsi tepatnya di Kota Jambi, sehingga dalam analisis debit banjir rancangan sungai harus mampu mengalirkan debit rencana dengan periode ulang antara Q20 hingga Q50 (PUPR, 2021).

Pada kajian ini digunakan debit banjir dengan periode ulang Q25 sebagai dasar dalam perencanaan pengendalian banjir dan penggunaan debit banjir periode ulang Q2, Q5, Q10 dan Q50 sebagai parameter dalam reduksi banjir yang dihasilkan oleh masing-masing alternatif pengendalian banjir.

Selanjutnya, nilai parameter hidrologi seperti Curve Number (CN), Time Lag (TL), dan Initial abstraction (Ia) yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung curah hujan efektif. Curah hujan efektif didefinisikan sebagai bagian dari curah hujan total yang langsung berkontribusi terhadap limpasan permukaan. Proses perhitungan ini dilakukan melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Curah hujan efektif dikonversi menjadi debit banjir rencana dengan melakukan pendekatan hidrograf satuan sintetis (HSS) dengan metode SCS-CN. Simulasi yang dilakukan adalah periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang menggambarkan alur sistematis dalam kajian pengendalian banjir berbasis analisis *flood damage reduction*. Proses dimulai dari tahap identifikasi masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan data yang mencakup data curah hujan, data spasial dari DEMNAS, data geometrik sungai, serta data tutupan lahan dan jenis tanah. Data ini digunakan untuk menentukan debit banjir rencana (Q2, Q5, Q10, Q25, Q50) sebagai dasar analisis lebih lanjut. Selanjutnya, proses berlanjut pada tahapan pemodelan hidraulik menggunakan HEC-RAS 2D, yang menghasilkan informasi untuk analisis *Flood Damage Reduction*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan pemilihan perencanaan pengendalian banjir yang paling sesuai. Proses diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dan saran sebagai rekomendasi terhadap strategi pengelolaan banjir di wilayah kajian.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

**Analisis Flood Damage Reduction**

**Klasifikasi Flood Damage**

Analisis klasifikasi genangan banjir (Tabel 1) dan estimasi besaran kerugian akibat banjir (Tabel 2) mengacu Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dan pemilihan perencanaan pengendalian banjir. Tabel 1 menunjukkan tiga klasifikasi kelas ancaman berdasarkan kedalaman banjir, yaitu rendah (kedalaman < 0,76 m), sedang (0,76–1,5 m), dan tinggi (> 1,5 m). Masing-masing kelas diberi nilai 1 hingga 3, dengan bobot ancaman yang diseragamkan (100%) untuk menunjukkan skala perbandingan dan perhitungan skor akhir, yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan mitigasi. Skor bertingkat dari 0,333 untuk kelas rendah hingga 1,000 untuk kelas tinggi, mencerminkan tingkat keparahan yang semakin besar.

**Tabel 1.** Klasifikasi kelas ancaman berdasarkan kedalaman banjir

Kedalaman (m)	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
< 0,76	Rendah	1	100	0,333
0,76 – 1,5	Sedang	2	100	0,667
>1,5	Tinggi	3	100	1,000

Tabel 2 menunjukkan parameter kerugian fisik akibat banjir, dengan fokus pada parameter rumah sebagai objek kerentanan yang dianalisis pada penelitian ini. Klasifikasi tingkat kerugian fisik dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan estimasi besaran total kerugian, yaitu rendah (< 400 juta rupiah), sedang (400–800 juta rupiah), dan tinggi (> 800 juta rupiah).

**Tabel 2.** Parameter kerugian fisik akibat banjir

Parameter	Kelas			Bobot (%)
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Rumah	< 400 juta	400 - 800 juta	> 800 juta	100

*Damage Relationship*

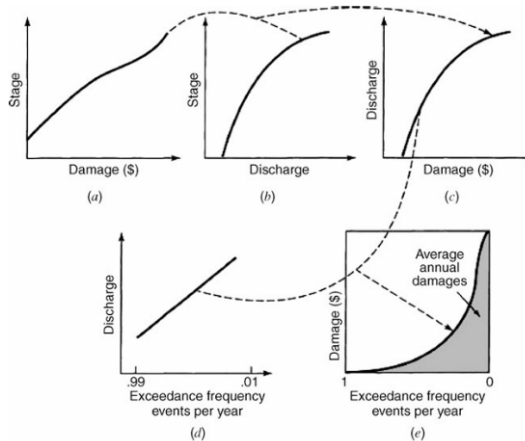
Kerusakan akibat banjir umumnya dilaporkan sebagai kerusakan langsung pada properti. Namun, kerusakan tersebut sebenarnya terbagi dalam lima kategori empiris, yaitu: kerusakan langsung, kerusakan tidak langsung, kerusakan sekunder, kerusakan tidak berwujud, dan kerusakan akibat ketidakpastian. Berbagai cara digunakan untuk menghitung kerusakan langsung akibat banjir. Grigg dan Helweg (1975) membagi cara tersebut menjadi tiga jenis, yaitu: rumus perkiraan total kerusakan, grafik kerusakan dari data kejadian sebelumnya, dan grafik kerusakan yang disesuaikan dengan kedalaman air banjir secara nyata.

*Expected Damage*

*Annual expected damage cost*  $E(D)$ , merupakan luas di bawah kurva frekuensi-kerusakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(e), yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E(D) = \int_{q_c}^{\infty} D(q_d)f(q_d)dq_d = \int_{q_c}^{\infty} D(q_d)dF(q_d)$$

Di mana  $q_c$  adalah debit ambang batas di mana kerusakan mulai terjadi,  $D(q_d)$  adalah kerusakan banjir untuk berbagai nilai debit  $q_d$ , yang merupakan hubungan antara kerusakan dan debit, serta  $f(q_d)$  dan  $F(q_d)$  masing-masing adalah fungsi kepadatan probabilitas (pdf) dan fungsi distribusi kumulatif (cdf) dari debit  $q_d$ .



**Gambar 3.** Computation of average annual damages. (a) Stage-damage relation; (b) Stage discharge; (c) Discharge-damage; (d) Discharge-frequency relation; (e) Damage-frequency relation

Oleh karena itu, daerah yang diarsir pada Gambar 3(e) dapat diperkirakan secara numerik menggunakan aturan trapesium, sebagaimana dijabarkan pada persamaan berikut.

$$E(D) = \sum_{j=1}^n \left[ \frac{D(q_j) + D(q_{j+1})}{2} \right] [F(q_{j+1}) - F(q_j)], \text{ for } q_c = q_1 \leq q_2 \leq \dots \leq q_n < \infty$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Analisis Hidrologi*

1. Pemeriksaan Data Hujan

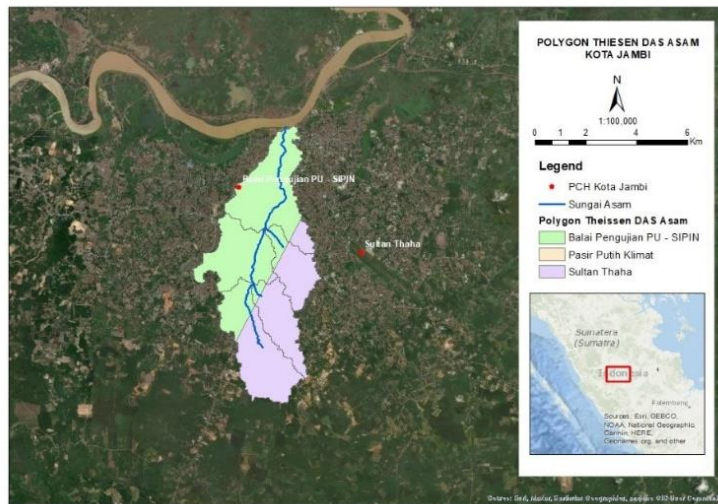
Sebelum dilakukan analisis, seri data hujan dari pos penakar yang digunakan dimana pada penelitian ini menggunakan data dari PCH Sipin dan PCH BMKG Sulthan Thaha. Data diperiksa terlebih dahulu kelayakannya melalui beberapa uji yang dirangkum pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kesimpulan hasil uji PCH Sipin dan PCH Sulthan Thaha

No	Uji	PCH Sipin	PCH BMKG Sultan Thaha
1	Uji Outlier (US Water Resources) Outline atas Outline bawah	Diterima Diterima	Diterima Diterima
2	Uji Trend (Metode Spearman)	Tidak ada trend	Tidak ada trend
3	Uji Independensi	Independen	Independen

**Curah Hujan Wilayah**

Analisis curah hujan wilayah menggunakan metode polygon thiessen dengan luas pengaruh wilayah tiap PCH tersaji pada Gambar 4 dan rincian koefisien thiessen tersaji pada Tabel 4 dan hasil perhitungan curah hujan wilayah tersaji pada Tabel 5.



**Gambar 4.** Polygon Thiessen DTA Asam

**Tabel 4.** Luas daerah pengaruh PCH Polygon Thiessen

Stasiun	Luas Daerah Pengaruh (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
Sipin	16,35	0,56
Sultan Thaha	12,70	0,44
Jumlah	29,05	1,00

**Tabel 5.** Curah hujan maksimum wilayah

Tahun	Curah Hujan Maksimum Wilayah
2003	107,39
2004	93,04
2005	70,13
2006	92,60
2007	70,86
2008	90,48
2009	88,55
2010	122,29
2011	99,02
2012	96,69
2013	90,35
2014	70,27
2015	89,62

2016	65,06
2017	82,75
2018	103,58
2019	76,66
2020	91,03
2021	113,95
2022	96,66
2023	91,42
2024	76,35

**Analisis Frekuensi**

Analisis frekuensi terhadap data dilakukan dengan metode distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel. Setelah itu, dilakukan uji kecocokan distribusi dengan metode Chi-square dan Smirnov-Kolmogorov. Kesimpulan perhitungan analisis frekuensi ditampilkan pada Tabel 6. Berdasarkan analisis maka distribusi terpilih adalah distribusi Gumbel.

**Tabel 6.** Kesimpulan analisis frekuensi

Distribusi	Analisis Frekuensi	Smirnov-Kolmogorov			Chi-Square		
		D hitung	D kritis	Kesimpulan	X <sup>2</sup> (Hitung)	X <sup>2</sup> (kritis)	Kesimpulan
Normal	Tidak Memenuhi	0,114	0,282	diterima	2,545	7,815	diterima
Log Normal	Tidak Memenuhi	0,145	0,282	diterima	4,727	7,815	diterima
Log Pearson III	Selain persyaratan distribusi lain	0,137	0,282	diterima	2,000	7,815	diterima
Gumbel	Memenuhi	0,172	0,282	diterima	3,091	7,815	diterima

**Hujan Rencana**

Dengan menggunakan distribusi gumbel diperoleh Hujan Rencana berbagai kala ulang ditampilkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hujan rencana

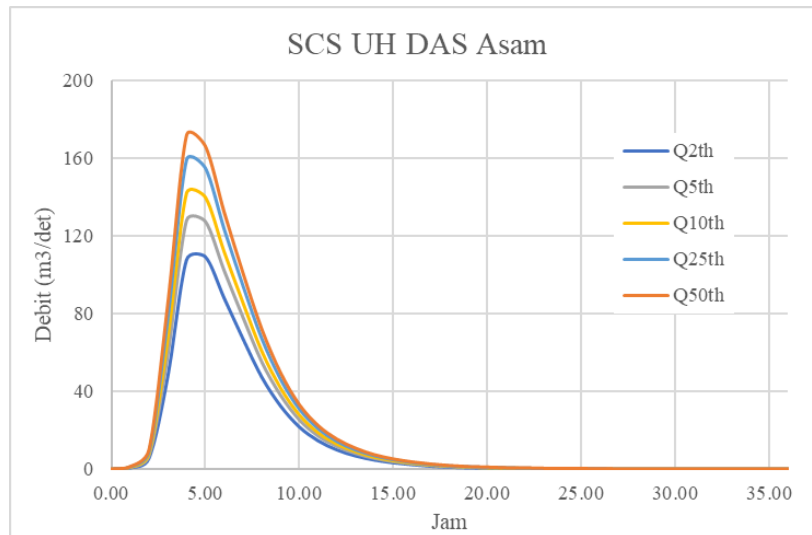
Periode Ulang (T)	Peluang (%)	Hujan Rencana (mm)
2	50	87,54
5	20	100,46
10	10	109,01
25	4	119,81
50	2	127,82

**Debit Banjir Rencana**

Analisis debit banjir rencana menggunakan software HEC-HMS dengan menggunakan hidrograf satuan sintesis SCS. Untuk menghitung curah hujan efektif, perhitungan abstraksi/ dilakukan menggunakan metode SCS yaitu dengan menggunakan nilai CN yang besarnya bergantung pada jenis penggunaan lahan, serta distribusi hujan menggunakan distribusi PSA007 6 jam. Rincian hasil perhitungan nilai CN dan *impervious* tersaji pada Tabel 8. Kemudian, hidrograf satuan banjir hasil pemodelan HEC-HMS tersaji pada Gambar 5 dan rincian debit banjir maksimum pada variasi kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun tersaji pada Tabel 9.

**Tabel 8.** Nilai CN dan Impervious

Subbasin	Total CN*A	Total I*A	Luas (km <sup>2</sup> )	CN Komposit	I komposit (%)
S-1	326,76	107,11	3,57	91,52	30,00
S-2	360,14	118,18	3,94	91,42	30,00
S-3	685,94	210,63	7,61	90,16	27,69
S-4	523,54	170,72	5,69	92,00	30,00
S-5	757,98	247,41	8,24	92,00	30,03



**Gambar 5.** Hidrograf satuan sintesis SCS DTA Asam beberapa kala ulang

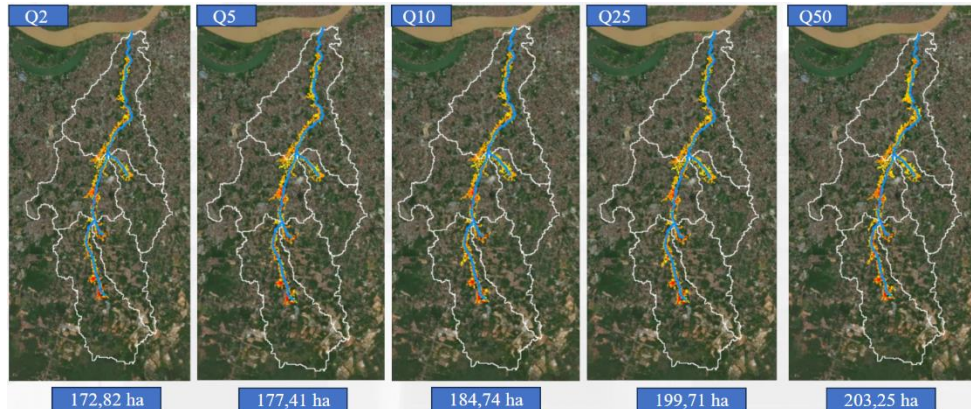
**Tabel 9.** Debit banjir maksimum berbagai kala ulang

SCS UH	Peluang (%)				
	2	5	10	25	50
Q maks (m <sup>3</sup> /det)	107,6	128,1	141,7	159,1	171,9

**Analisis Hidraulika**

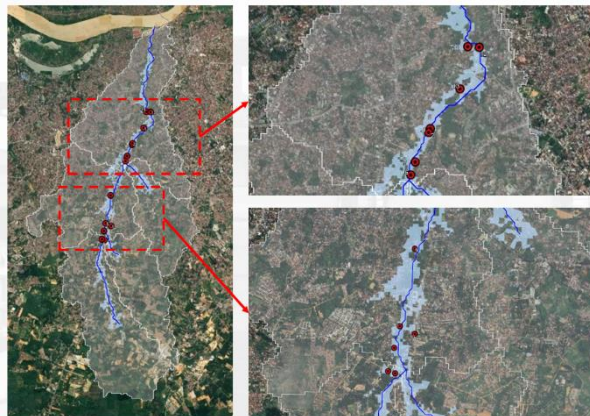
1. Kondisi Eksisting

Setelah dilakukan analisis hidrologi diperoleh debit maksimum dan hidrograf banjir, dilakukan analisis hidrolika menggunakan software HEC-RAS untuk pemodelan genangan 2D untuk debit maksimum kala ulang Q2, Q5, Q10, Q25 dan Q50. Gambar 6 adalah pemodelan genangan yang terjadi pada kondisi eksisting dan rencana alternatif pengendalian banjir.



**Gambar 6.** Hasil analisis genangan banjir kondisi eksisting

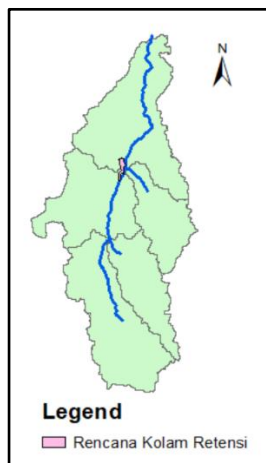
Berdasarkan hasil simulasi genangan banjir Q10 menggunakan HECRAS yang di overlay dengan kejadian banjir pada tanggal 1 Mei 2023 diperoleh bahwa 17 titik banjir yang terjadi pada tanggal tersebut yang diperkirakan setara dengan Q10 pada laporan, sudah sesuai dengan lokasi genangan hasil simulasi menggunakan HEC-RAS (Gambar 7).



**Gambar 7.** Hasil validasi genangan banjir Q10

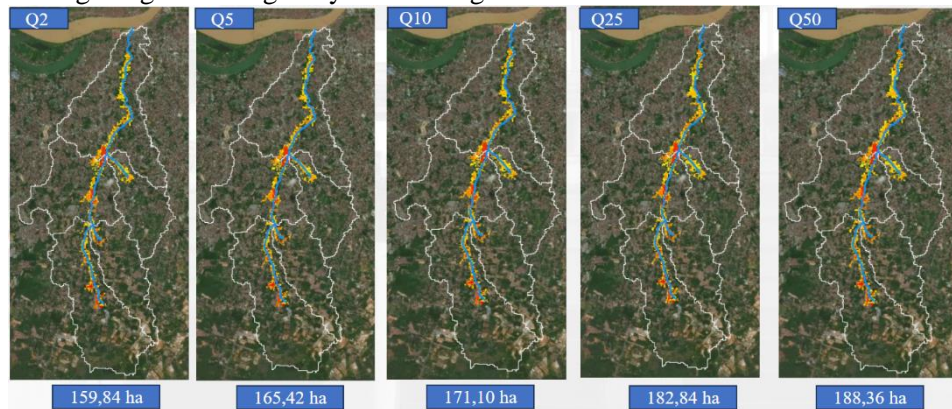
## 2. Alternatif Kolam Retensi

Kolam retensi didesain berdasarkan Dokumen Detail Design Report Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities Phase 2 Jambi Sub Project (Package-3) Volume 1 : Design Note. Kolam retensi berada di wilayah Lingga Permai dengan elevasi awal +11,66 hingga +10,38 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Kolam retensi didesain seluas 8,87 Ha dengan elevasi +9,00 dan tinggi tanggul 1,5 meter mengelilingi kolam.



**Gambar 8.** Lokasi Rencana Kolam Retensi

Berdasarkan hasil pemodelan genangan untuk alternatif kolam retensi, diperoleh luas genangan untuk masing-masing debit kala ulang. Untuk Q2: 159,84 Ha, Q5: 165,42 Ha, Q10: 171,10 Ha, Q25: 182,84 Ha dan Q50: 188,36 Ha (Gambar 9). Hasil analisis genangan menunjukkan luasan genangan meningkat seiring dengan meningkatnya kala ulang debit.



**Gambar 9.** Hasil analisis genangan banjir alternatif kolam retensi

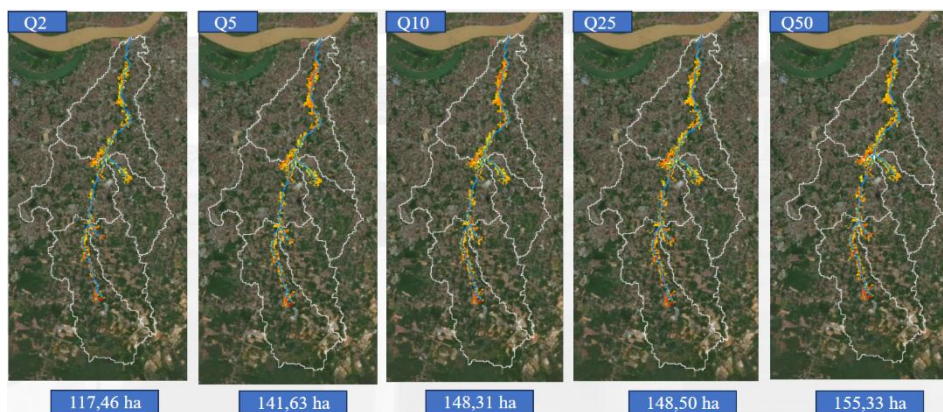
### 3. Alternatif Normalisasi Sungai

Alternatif normalisasi sungai terdiri dari lima *channel* dengan panjang dan elevasi yang bervariasi (Gambar 10). *Channel 1* memiliki panjang 3.018,33 meter dengan elevasi awal +27,00 meter dan elevasi akhir +15,00 meter, serta kemiringan 0,0039. *Channel 2* sepanjang 633,98 meter memiliki elevasi awal +17,90 meter dan elevasi akhir +15,00 meter dengan slope 0,004. *Channel 3* memiliki panjang 2.492,17 meter, elevasi awal +15,00 meter, elevasi akhir +9,00 meter, dan slope 0,004. *Channel 4* sepanjang 1.063,25 meter memiliki elevasi awal +14,00 meter dan elevasi akhir +9,00 meter, juga dengan slope 0,004. Terakhir, *Channel 5* memiliki panjang paling besar yaitu 4.883,34 meter, dengan elevasi awal +9,00 meter dan elevasi akhir -1,00 meter, serta kemiringan 0,002.



**Gambar 10.** Lokasi dan rencana alternatif normalisasi sungai

Berdasarkan hasil pemodelan genangan untuk alternatif normalisasi sungai, diperoleh luas genangan untuk masing-masing debit kala ulang. Untuk Q2: 117,46 Ha, Q5: 141,63 Ha, Q10: 148,31 Ha, Q25: 148,50 Ha dan Q50: 155,33 Ha (Gambar 11). Hasil analisis genangan menunjukkan luasan genangan meningkat seiring dengan meningkatnya kala ulang debit.

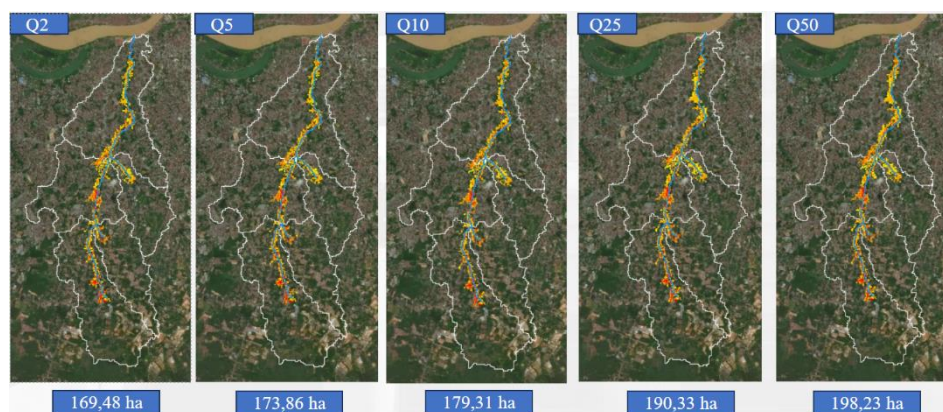


**Gambar 11.** Hasil analisis genangan banjir alternatif normalisasi

#### 4. Alternatif Tanggul Sungai

Pembangunan tanggul meliputi tanggul kiri dengan panjang 10.703,82 meter dan tanggul kanan sepanjang 10.619,87 meter, menggunakan konstruksi *sheetpile* dengan lebar 0,6 meter. Elevasi tanggul dirancang setinggi +1,5 meter di atas elevasi eksisting untuk meningkatkan kapasitas dan perlindungan terhadap banjir. Tanggul dibangun sepanjang sungai utama, yaitu Sungai Asam.

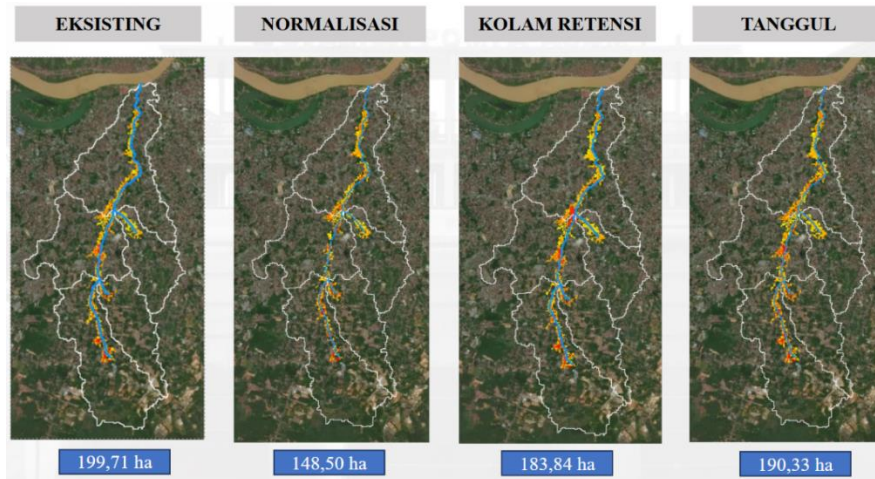
Berdasarkan hasil pemodelan genangan untuk alternatif tanggul sungai, diperoleh luas genangan untuk masing-masing debit kala ulang. Untuk Q2: 169,48 Ha, Q5: 173,86 Ha, Q10: 179,31 Ha, Q25: 190,33 Ha dan Q50: 198,23 Ha (Gambar 12). Hasil analisis menunjukkan luasan genangan meningkat seiring dengan meningkatnya kala ulang debit.



**Gambar 12.** Hasil analisis genangan banjir alternatif tanggul sungai

#### 5. Perbandingan Alternatif

Setelah hasil analisis genangan untuk tiap alternatif diperoleh, maka perlu dilakukan perbandingan yang ditampilkan pada Gambar 13. Dari hasil pemodelan genangan untuk keadaan eksisting dan masing-masing alternatif pengendalian banjir, diperoleh luasan untuk masing-masing skenario. Dari tiga skenario alternatif pengendalian banjir, normalisasi sungai memiliki tingkat reduksi genangan banjir yang paling efektif dibandingkan alternatif kolam retensi dan alternatif tanggul sungai dengan jumlah penurunan luasan genangan dari 199,71 Ha menjadi 148,50 Ha atau sebesar 25,64%. Hal ini dipengaruhi oleh desain untuk masing-masing skenario alternatif, di mana normalisasi sungai dapat secara langsung meningkatkan kapasitas saluran sehingga mampu mengalirkan debit banjir lebih besar. Sedangkan pada alternatif kolam retensi, pengurangan genangan terjadi karena kolam ini berfungsi menampung sementara kelebihan air sehingga mengurangi beban aliran di sungai, namun kapasitas aliran sungai tetap sama sehingga efektivitas pengurangan genangan lebih terbatas dibanding normalisasi. Untuk alternatif tanggul berfungsi sebagai pembatas luapan air ke daerah permukiman, akan tetapi tidak meningkatkan kapasitas sungai eksisting sehingga genangan tetap terjadi di area permukiman yang diasumsikan adanya limpasan dari tanggul yang didesain.



**Gambar 13.** Perbandingan genangan banjir eksisting dan berbagai alternatif pada Q25  
*Analisis Flood Damage Reduction*

Berdasarkan hasil pemodelan 2 Dimensi dari genangan banjir yang terjadi pada tiap debit maksimum kala ulang Q2, Q5, Q10, Q25 dan Q50, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan estimasi kerugian dan dilanjutkan dengan Analisis *Flood Damage Reduction*.

Tabel 10 menunjukkan estimasi kerugian banjir di DTA Asam pada kondisi eksisting. Berdasarkan tabel, dapat diketahui bahwa semakin tinggi kala ulang, maka semakin besar nilai kerugian. Kerugian terbesar terjadi pada banjir kala ulang 50 tahun karena genangan banjir terluas yaitu mencapai 203,25 Ha. Rumah yang terdampak genangan banjir Q50 pada kelas rendah (kedalaman <0,76 m) sebanyak 1547 unit, kelas sedang (kedalaman 0,76-1,5 m) sebanyak 2493 unit, dan kelas tinggi (kedalaman >1,5 m) sebanyak 3472 sehingga total sebanyak 7512. Kerugian ekonomi banjir Q50 mencapai 84,745 miliar rupiah.

**Tabel 10.** Estimasi kerugian kondisi eksisting

Kala Ulang	Luas Genangan (Ha)	Rumah Terdampak (Unit)			Kerugian (Rp)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
2	172,83	1.970	1.541	2.877	68.415.000.000
5	177,41	1.962	1.526	3.069	71.105.000.000
10	184,74	2.007	1.680	3.141	73.950.000.000
25	199,71	1.613	2.498	3.270	82.095.000.000
50	203,25	1.547	2.493	3.472	84.745.000.000

Tabel 11 menunjukkan estimasi kerugian banjir di DTA Asam setelah dilakukan pembangunan kolam retensi. Pada kala ulang 50 tahun, kolam retensi dapat mengurangi rumah terdampak banjir pada kelas rendah menjadi 1453, pada kelas sedang menjadi 2352, dan menjadi 3157. Total rumah yang terdampak dapat berkurang sebanyak 550 rumah atau 7,32% dari kondisi eksisting.

**Tabel 11.** Estimasi kerugian alternatif kolam retensi

Kala Ulang	Luas Genangan (Ha)	Rumah Terdampak (Unit)			Kerugian (Rp)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
2	159,84	2.288	1.332	2.288	59.080.000.000
5	165,42	2.088	1.243	2.783	64.615.000.000
10	171,10	1.835	1.624	2.866	68.405.000.000
25	182,84	1.682	2.039	3.037	74.355.000.000
50	188,36	1.453	2.352	3.157	78.140.000.000

Tabel 12 menunjukkan estimasi kerugian banjir di DTA Asam setelah dilakukan upaya normalisasi sungai. Pada kala ulang 50 tahun, kolam retensi dapat mengurangi rumah terdampak banjir pada kelas rendah menjadi 2129, pada kelas sedang menjadi 1433, dan menjadi 2179. Total rumah yang terdampak dapat berkurang sebanyak 1771 rumah atau 23,58% dari kondisi eksisting.

**Tabel 12.** Estimasi kerugian alternatif normalisasi sungai

Kala Ulang	Luas Genangan (Ha)	Rumah Terdampak (Unit)			Kerugian (Rp)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
2	117,46	1.630	1.541	1.172	41.140.000.000
5	141,63	1.721	1.926	1.588	51.685.000.000
10	148,31	2.349	1.297	1.836	52.255.000.000
25	148,50	2.105	1.399	1.985	54.290.000.000
50	155,33	2.129	1.433	2.179	57.660.000.000

Tabel 13 menunjukkan estimasi kerugian banjir di DTA Asam setelah dilakukan pembangunan tanggul sungai. Pada kala ulang 50 tahun, kolam retensi dapat mengurangi rumah terdampak banjir pada kelas rendah menjadi 1569, pada kelas sedang menjadi 2462, dan menjadi 3296. Total rumah yang terdampak dapat berkurang sebanyak 185 rumah atau 2,46% dari kondisi eksisting.

**Tabel 13.** Estimasi kerugian alternatif tanggul sungai

Kala Ulang	Luas Genangan (Ha)	Rumah Terdampak (Unit)			Kerugian (Rp)
		Rendah	Sedang	Tinggi	
2	169,48	1.951	1.501	2.812	66.945.000.000
5	173,86	1.969	1.474	2.983	69.330.000.000
10	179,31	1.942	1.627	3.058	71.850.000.000
25	190,33	1.484	2.358	3.192	78.880.000.000
50	198,23	1.569	2.462	3.296	81.905.000.000

Berdasarkan Tabel 14, diketahui bahwa berbagai skenario penanganan banjir mampu mengurangi kerugian ekonomi secara signifikan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting, kerugian akibat banjir meningkat dari Rp68.415.000.000 pada kala ulang 2 tahun menjadi Rp84.745.000.000 pada kala ulang 50 tahun. Penerapan kolam retensi memberikan reduksi kerugian sebesar 13,65% pada kala ulang 2 tahun, 9,12% pada 5 tahun, 7,95% pada 10 tahun, 9,47% pada 25 tahun, dan 7,79% pada 50 tahun. Sementara itu, upaya normalisasi menunjukkan efektivitas yang paling tinggi, dengan penurunan kerugian sebesar 39,87% pada kala ulang 2 tahun, 27,35% pada 5 tahun, 29,32% pada 10 tahun, 33,86% pada 25 tahun, dan 31,96% pada 50 tahun. Adapun pembangunan tanggul hanya mampu mereduksi kerugian sebesar 2,15% pada kala ulang 2 tahun, 2,50% pada 5 tahun, 2,84% pada 10 tahun, 4,00% pada 25 tahun, dan 3,63% pada 50 tahun. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa upaya yang efektif mereduksi kerugian terbesar ke terkecil secara berturut-turut ialah normalisasi, kolam retensi, dan tanggul.

**Tabel 14.** Rekapitulasi kerugian banjir DTA Asam

Kala Ulang	Peluang Terlampaui (%)	Kerugian (Rp)			
		Eksisting	Kolam Retensi	Normalisasi	Tanggul
2	50	68.415.000.000	59.080.000.000	41.140.000.000	66.945.000.000
5	20	71.105.000.000	64.615.000.000	51.685.000.000	69.330.000.000
10	10	73.950.000.000	68.405.000.000	52.255.000.000	71.850.000.000

25	4	82.095.000.00 0	74.355.000.000	54.290.000.000	78.880.000.000
50	2	84.745.000.00 0	78.140.000.000	57.660.000.000	81.905.000.000

Tabel 15 menunjukkan hasil perhitungan reduksi nilai kerugian ekonomi akibat banjir berdasarkan peluang terlampaui (%) untuk tiga upaya penanganan. Dari tabel tersebut, normalisasi memiliki reduksi nilai kerugian tertinggi secara keseluruhan, yaitu sebesar Rp11.093.900.000. Upaya kolam retensi menempati urutan kedua dengan total reduksi nilai kerugian sebesar Rp3.517.500.000. Upaya tanggul hanya mampu mengurangi nilai kerugian dengan total Rp900.500.000. Pada kejadian banjir dengan peluang terlampaui 0,3% yang mana frekuensi banjir lebih sering, dapat mengurangi kerugian paling besar. Sedangkan, dengan peluang terlampaui 0,02% yang berarti frekuensi kejadian sangat jarang atau ketika kondisi ekstrem, upaya penanganan normalisasi hanya mampu mereduksi nilai kerugian sebesar Rp548.900.000, kolam retensi mereduksi Rp143.450.000, dan tanggul mereduksi Rp900.500.000.

**Tabel 15.** Hasil perhitungan *flood damage reduction*

Peluang Terlampaui (%)	Kerugian (Rp)		
	Normalisasi	Kolam Retensi	Tanggul
0,30	7.004.250.000	2.373.750.000	486.750.000
0,10	2.055.750.000	601.750.000	193.750.000
0,06	1.485.000.000	398.550.000	159.450.000
0,02	548.900.000	143.450.000	60.550.000
Total	11.093.900.000	3.517.500.000	900.500.000

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis *flood damage reduction*, diperoleh bahwa alternatif pengendalian banjir di Sungai Asam paling efektif adalah normalisasi sungai. Normalisasi mampu menurunkan luas genangan dari 199,71 Ha menjadi 148,50 Ha atau sebesar 25,64%. Efektivitas ini disebabkan oleh peningkatan kapasitas saluran sungai di seluruh sungai baik orde 2 di Sungai Asam maupun orde 3 di Sungai Zaidi Saleh dengan Sungai Simpang Pertamina melalui pelebaran dan pendalaman, sehingga debit banjir dapat dialirkan lebih cepat dan efisien. Reduksi genangan dan reduksi kerugian yang paling besar adalah dengan alternatif normalisasi sungai. Penurunan kerugian dengan alternatif normalisasi sebesar 39,87% pada kala ulang 2 tahun, 27,35% pada 5 tahun, 29,32% pada 10 tahun, 33,86% pada 25 tahun, dan 31,96% pada 50 tahun dan dapat mereduksi kerugian total Rp11.093.900.000.

### SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan hasil sebagai berikut:

- 1) Debit banjir rencana di DTA Asam menggunakan debit dari HEC-HMS dengan kala ulang 25 tahun sebesar 159,71 m<sup>3</sup>/det;
- 2) Alternatif pengendalian banjir yang diberikan adalah normalisasi sepanjang 12,09 km, kolam retensi seluas 8,87 ha dan tanggul sungai sepanjang 10,6 km;
- 3) Hasil pemodelan HEC-RAS 2D diperoleh: genangan eksisting pada Q25 seluas 199,71 ha, genangan Q25 dengan pengendalian banjir berupa normalisasi seluas 148,50 ha (reduksi genangan 25,64%), genangan Q25 dengan pengendalian banjir berupa kolam retensi seluas 182,84 ha (reduksi genangan 8,45%) dan genangan Q25 dengan pengendalian banjir berupa tanggul seluas 190,33 ha (reduksi genangan 4,7%)
- 4) Pemilihan pengendalian banjir dianalisis menggunakan metode *Flood Damage Reduction*, dan menghasilkan pengendalian banjir terpilih adalah normalisasi sungai, dengan total damage reduction sebesar Rp11.093.000.000;

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Jambi, BMKG Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Badan Informasi Geospasial atas dukungan penyediaan data dan informasi yang berperan penting dalam kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

## REFERENSI

- Alfadhila, S., Permana, & Kuntoro, A. A. (2024). Kajian genangan banjir dan rencana pengendalian banjir Sungai Citarum Hilir Provinsi Jawa Barat. *Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7(3), 8986.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2012). *Peraturan Kepala BNPB Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1724:2015 Analisis hidrologi, hidraulik, dan kriteria desain bangunan di sungai*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415:2016 Tata cara perhitungan banjir debit*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Jambi. (2023). *Laporan Kepala Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Jambi kepada Posko PB PUPR*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Farid, M., Pratama, M. I., Kuntoro, A. A., Adityawan, M. B., Wira Rohmat, F. I., & Moe, I. R. (2022). Flood prediction due to land cover change in the Ciliwung River Basin. *International Journal of Technology*, 13(2), 356–366. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i2.4662>
- Jamaika, D. (2023). *Evaluasi debit banjir rencana pada Sungai Asam Kecamatan Jelutung Kota Jambi*. Universitas Batanghari.
- Mays, L. W. (2005). *Water resources engineering* (Chap. 14). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Pryastuti, L., Rustan, & M. Z., N. (2021). Pemetaan tingkat kerawanan banjir di Kota Jambi menggunakan metode scoring dan overlay berbasis Sistem Informasi Geografis. *Laporan Penelitian*. Universitas Padjadjaran.
- PUPR, Kementerian. (2021). *Peraturan Menteri PUPR Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Ridwan, M. (2012). *Pemodelan wilayah banjir di Kota Jambi*. Universitas Indonesia.
- Sachro, S. S., Edhisono, S., Atmodjo, P. S., & Prasetyo, W. (2017). Korelasi klasifikasi penutup lahan dengan debit puncak di daerah aliran sungai. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 157–166. <https://doi.org/10.14710/mkts.v23i2.16687>
- Sultan, D., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D. T., Fenta, A. A., ... & Ayalew, Z. (2022). Evaluation of lag time and time of concentration estimation methods in small tropical watersheds in Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 40, 101025. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101025>
- Triatmodjo, B. (2019). *Hidrologi terapan* (7th ed.). Yogyakarta: Beta Offset.
- Yachiyo Engineering. (2023). *Detail desain Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities Phase 2: Jambi Sub Project*. Jakarta: Kementerian PUPR.