

Validasi Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Metode Rasional Modifikasi dengan Software HEC-RAS & SWMM (Studi Kasus: Drainase Jalan Raya Bungbulang, Kabupaten Garut)

BAGAS YOGA PRATAMA^{1*}, ALMUDATZIR MUNANDAR²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: bagas.yoga1997@itenas.ac.id

ABSTRAK

Suatu negara tropis salah satunya yaitu Indonesia, permasalahan erosi yang sering menjadi perusak tata air pada suatu ruang lingkup DAS (Daerah Aliran Sungai). Pada fakta lapangan terdapat masalah saluran drainase yaitu konektivitas saluran yang terputus maupun rusak akibat erosi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kondisi sistem drainase berdasarkan analisis hidrologi serta hidraulika yang dikalkulasi secara teknis dan program. Hasil penelitian ini diperoleh debit banjir rencana (Q_r) menggunakan metode rasional modifikasi sebesar 2,408 m³/s. Sedangkan kapasitas pada tampungan saluran (Q_s) didapatkan hasil sebesar 1,677 m³/s. Analisis secara program dilakukan menggunakan software HEC-RAS 6.0 dan SWMM 5.2 yang dapat mensimulasikan tinggi genangan di atas saluran drainase. Oleh karena itu, sangat diperlukan perencanaan ulang pada saluran drainase. Perencanaan ulang saluran drainase yang baru harus memperbesar daya tampung saluran dengan memperdalam dimensi penampang saluran drainase agar dapat menampung debit rencana.

Kata kunci: drainase, debit rencana, HEC-RAS, SWMM

ABSTRACT

In a tropical country, Indonesia is one of them, the problem of erosion is often a destroyer of water management in a watershed scope (Watershed). In the field facts, there is a drainage channel problem, namely channel connectivity that is disconnected or damaged due to erosion. The purpose of this research is to determine the condition of the drainage system based on hydrological analysis and hydraulics calculated technically and programmatically. The results of this study obtained a planned flood discharge (Q_r) using the modified rational method of 2.408 m³/s. While the channel storage capacity (Q_s) obtained a result of 1,677 m³/s. The program analysis was carried out using HEC-RAS 6.0 and SWMM 5.2 software, which can simulate the inundation height above the drainage channel. Therefore, it is very necessary to redesign the drainage channel. The redesign of the new drainage channel must increase the capacity of the channel by deepening the cross-sectional dimensions of the drainage channel to accommodate the designed discharge.

Keywords: drainage, plan discharge, HEC-RAS, SWMM

1. PENDAHULUAN

Ruas Jalan Raya Bungbulang merupakan ruas jalan yang cukup strategis di wilayah Kabupaten Garut yang menghubungkan 2 (dua) wilayah bagian selatan di Kabupaten Garut. Jalan penghubung antar perkotaan tersebut memiliki fungsi yaitu memudahkan mobilitas masyarakat dan pelaku usaha, terutama sektor pariwisata. Akan tetapi jalan penghubung antar kota tersebut sebelumnya merupakan jalan daerah dengan kondisi yang kurang memadai dan belum dapat dikatakan aman secara prinsip geometri jalan.

Sampai saat ini, telah dilakukan rekonstruksi atau pengembangan jaringan jalan dengan tujuan meningkatkan infrastruktur terutama pada ruas jalan Sumadra-Bungbulang-Sukarame. Rekonstruksi yang dilakukan berupa pelebaran jalan dan pembuatan saluran samping jalan. Namun, setelah dilakukan rekonstruksi masih terdapat permasalahan-permasalahan pada sistem jaringan drainase yang tidak berfungsi secara baik sehingga harus segera diperbaiki.

Berdasarkan pengamatan lapangan, terdapat masalah saluran drainase sisi kanan di Jalan Bungbulang-Sukarame STA 10+215 s/d STA 11+215 dari arah Sumadra menuju Bungbulang yaitu konektivitas saluran drainase yang terputus maupun rusak akibat erosi ataupun longsoran. Mengingat tingginya intensitas hujan dan lamanya durasi hujan mengakibatkan air yang turun dari bukit akan langsung melimpas ke permukaan jalan. Guna mewujudkan usaha-usaha untuk mencegah adanya banjir ataupun genangan air pada permukaan jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kelayakan dan kinerja sistem drainase dengan mengevaluasi kapasitas saluran drainase Jalan Raya Bungbulang sehingga dapat menanggulangi permasalahan yang terjadi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase

Sistem drainase merupakan suatu tatanan sistem keairan yang sangat kompleks karena didalamnya memuat saluran tersier sebagai penampung air dari hujan yang sempat mengalir diatas permukaan tanah, lalu dialirkan pada saluran besar (sekunder dan primer) untuk terakhir dialirkan menuju laut [3].

2.2 Kriteria Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan komponen penting dan langkah awal dalam perencanaan sistem drainase. Hal ini membantu memahami karakteristik hidrologi wilayah tertentu dan memungkinkan perencana untuk merancang sistem drainase yang mampu menangani air hujan dengan baik, melindungi lingkungan, dan meminimalkan risiko banjir dan erosi.

2.2.1 Pengujian Data Curah Hujan

Data curah hujan yang didapatkan dari instansi terkait diurutkan berdasarkan fungsi waktu sehingga termasuk ke dalam kategori data deret berkala yang kemudian dilakukan pengujian mengenai konsistensi dan kesamaan jenis [5]. Metode aritmatik dapat ditentukan dengan cara menjumlahkan seluruh nilai tinggi curah hujan dari seluruh tempat pengukuran selama periode tertentu, kemudian dibagi dengan jumlah pos pengukuran.

2.2.2 Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan. Nilai T_c ditentukan oleh panjang saluran dan kemiringan saluran. Waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1** hingga **Persamaan 3** berikut [2].

$$T_c = t_0 + t_d \quad \dots(1)$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{n_d}{\sqrt{i}} \right]^{0,167} \quad \dots(2)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \quad \dots(3)$$

dengan:

- T_c = waktu konsentrasi [jam],
- t_0 = durasi aliran air untuk mengalir melalui permukaan tanah menuju saluran terdekat [menit],
- t_d = durasi aliran air pada saluran tertentu menuju saluran rencana [menit],
- L_0 = panjang lintasan aliran diukur dari titik terjauh sampai pada titik tujuan [m],
- L = panjang dari saluran [m],
- n_d = koefisien hambatan,
- i = kemiringan suatu lahan yang terbentuk antara elevasi maksimum dan minimum,
- V = laju aliran di saluran [m/s].

2.2.3 Intensitas Curah Hujan (I)

Kurva (*Intensity Duration Frequency*) IDF sangat memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang telah didapatkan dari rekaman data hujan. Perlu data curah hujan durasi pendek (jam-jaman bahkan menitan) untuk membentuk kurva lengkung IDF. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan rumus Sherman, Talbot, dan Ishiguro. Umumnya, intensitas hujan seringkali dikaitkan dengan lamanya hujan dalam periode singkat, seperti 5 menit, 10 menit, dan 15 menit [4]. Jika data hujan dengan durasi pendek tidak tersedia, (hanya data hujan harian), maka intensitas hujan dapat dihitung dengan **Persamaan 4** rumus Mononobe [8] sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T} \right]^{2/3} \quad \dots(4)$$

dengan:

- I = intensitas hujan [mm/jam],
- R_{24} = curah hujan efektif dalam waktu 24 jam [mm],
- T = waktu konsentrasi hujan [jam].

2.3 Kriteria Hidraulika

Dalam pembuatan *preliminary design* suatu saluran hidraulika memuat berbagai ketentuan seperti: tinggi, luas, lama dan parameter dari suatu genangan. Dalam perancangan saluran drainase, analisis hidraulika sangat penting untuk memastikan saluran drainase mampu menanganai aliran air dengan efektif dan menghindari risiko banjir.

2.3.1 Debit Banjir Rencana (Q_r)

Debit banjir rencana diperoleh berdasarkan hasil perhitungan curah hujan maksimum rata-rata yang jatuh pada *catchment area* [6]. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan debit aliran dapat ditentukan berdasarkan luasnya *catchment area*, adalah sebagai berikut:

- a. *Catchment area* < 25 km² (< 2.500 Ha) dapat menggunakan metode Rasional.
- b. *Catchment area* antara 25-100 km² dapat menggunakan metode *Weduwen* atau *Haspers*.
- c. *Catchment area* > 100 km² dapat menggunakan metode *Melchior*.

Karena luas *catchment area* wilayah studi yaitu $10,147 \text{ km}^2 < 25 \text{ km}^2$, maka digunakan metode Rasional untuk menghitung debit banjir rencana. Akan tetapi, metode rasional memiliki kekurangan seperti tidak memperhitungkan tampungan *catchment area*, dan menganggap hujan merata di seluruh daerah tangkapan. Kekurangan ini diatasi melalui modifikasi rasional dengan persamaan baru (**Persamaan 5** dan **Persamaan 6**).

$$Q = 0,278 \times C \times C_s \times I \times A \quad \dots(5)$$

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + t_d} \quad \dots(6)$$

dengan:

- Q = debit suatu banjir rencana [m^3/s],
- C = nilai koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan,
- C_s = nilai koefisien penyimpanan,
- I = intensitas hujan [mm/jam],
- A = luas *catchment area* [km^2].

2.3.2 Kecepatan Aliran

Berikut ini **Persamaan 7** untuk mencari nilai kecepatan aliran dengan metode Manning [10].

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad \dots(7)$$

dengan:

- V = laju aliran pada saluran [m/s];
- n = nilai koefisien dari kekasaran dinding (0,015);
- R = jari-jari hidraulik [m];
- i = kemiringan pada dasar saluran.

2.3.3 Debit saluran (Q_s)

Perhitungan dimensi saluran didapatkan dari perhitungan hidraulika yang direncanakan adalah perhitungan Q_{banjir} . Saluran yang efisien adalah saluran yang mencukupi debit yang ada dan juga tidak terlalu besar, dalam artian $Q_{\text{rencana}} < Q_{\text{saluran}}$. Menghitung dimensi saluran dapat menggunakan **Persamaan 8** berikut.

$$Q = A \times V \quad \dots(8)$$

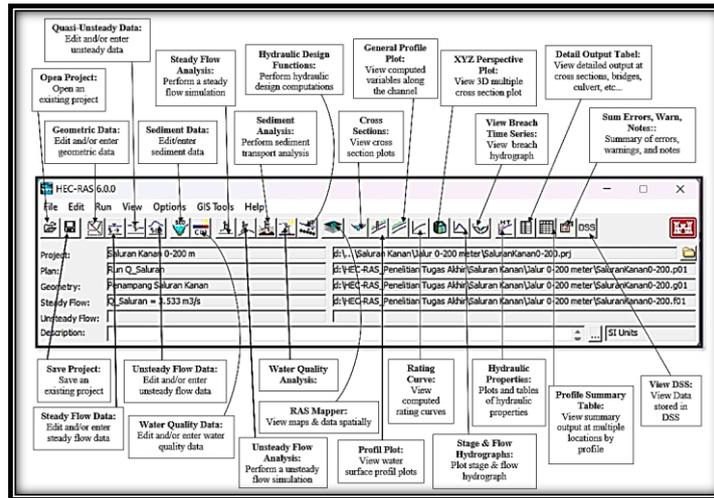
dengan:

- Q = debit [m^3/s],
- A = luas suatu penampang [m^2],
- V = laju aliran rencana [m/s].

2.4 Program *Software* HEC-RAS

HEC-RAS merupakan aplikasi yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) dan merupakan *Next Generation Program* berdasarkan model perangkat lunak HEC-2. *Software* gabungan (HEC-RAS) dirancang agar lebih interaktif di lingkungan. Sistem ini terdiri atas *Graphical User Interface* (GUI), beragam komponen analisis hidraulika, daya simpan tampang lintang dari suatu *River Reach* tampang panjang (profil permukaan air sepanjang alur) kurva pengukuran debit, perhitungan aliran tak permanen menggunakan hidrograf [4]. **Gambar 1** menyajikan tampilan awal dari *software* HEC-RAS.

Validasi Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Metode Rasional Modifikasi dengan Software HEC-RAS & SWMM (Studi Kasus: Drainase Jalan Raya Bungbulang, Kabupaten Garut)



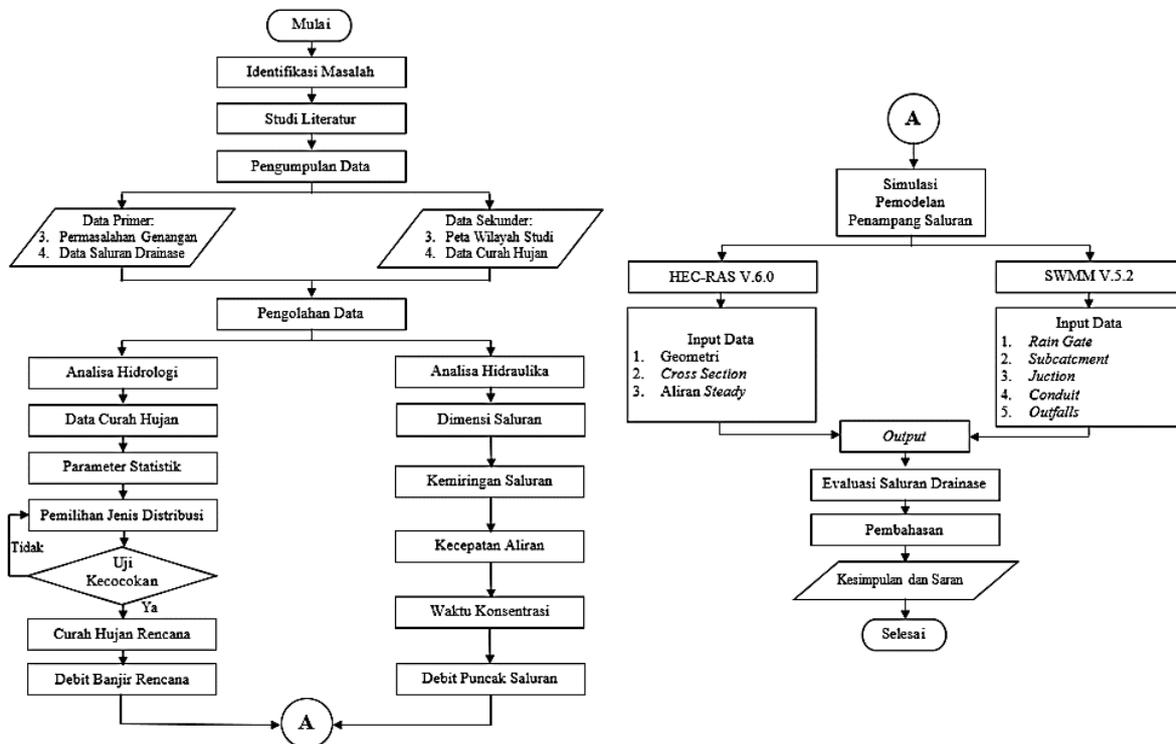
Gambar 1. Tampilan awal software HEC-RAS

2.5 Program Software SWMM

Memperhitungkan debit banjir dengan software EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) versi 5.2. Software EPA SWMM merupakan bentuk pemodelan limpasan (*run off*) curah hujan yang memodelkan suatu kejadian tunggal atau kejadian secara terus-menerus dengan kuantitas dan kualitas limpasan dari luas wilayah yang ditinjau. Selain itu, SWMM juga dapat menghitung debit dan kedalaman suatu aliran selama periode simulasi [1].

3. METODOLOGI PENELITIAN

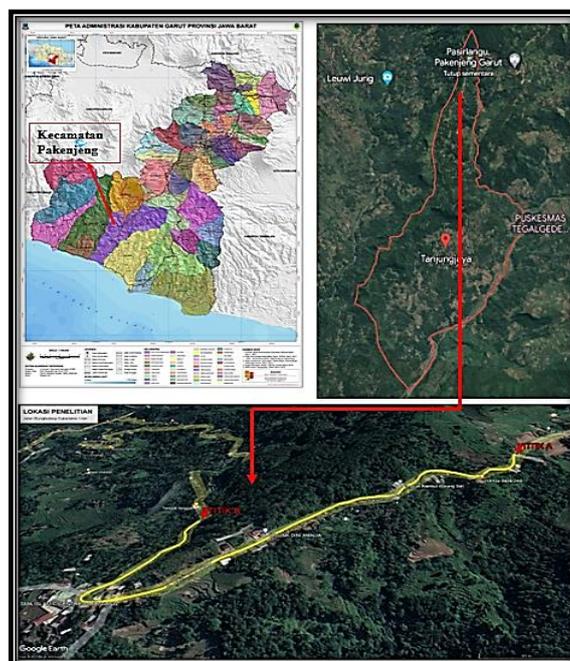
Penelitian ini disusun berdasarkan kerangka kerja berupa bagan alir seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Desa Tanjungjaya, Kabupaten Garut. Luas wilayah Desa Tanjungjaya secara geografis adalah $\pm 10,85 \text{ km}^2$. Adapun lokasi penelitian diambil berdasarkan wilayah yang rawan terjadi banjir maupun yang sering terjadi genangan pada permukaan jalan yaitu di Jalan Raya Bungbulang STA 10+215 s/d STA 11+215 seperti pada **Gambar 3** berikut.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer

Data primer yaitu data asli atau bisa disebut sebagai data sumber pertama (observasi langsung) berupa kondisi dan ukuran saluran.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan secara tidak langsung dan bersumber pada jurnal, referensi buku atau bahkan bisa dari instansi tertentu [7]. Seperti Dinas Sumber Daya Air dan Pertambangan Kab. Garut dan data berupa peta perencanaan.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Sta. Jayasena [mm]	Sta. Situayu [mm]	Sta. Cikembar [mm]
1	2011	160,00	202,00	65,00
2	2012	190,00	91,00	81,00
3	2013	106,00	69,00	114,00
4	2014	95,00	108,00	119,00
5	2015	70,00	36,00	50,00
6	2016	197,00	130,00	111,00
7	2017	175,00	135,00	105,00
8	2018	101,00	90,00	96,00
9	2019	120,00	118,00	115,00
10	2020	134,00	71,00	86,00

3.3 Analisis Data

Proses analisis hidrologi ini dimulai dari pengolahan data mentah sampai mendapatkan debit limpasan. Data curah hujan yang digunakan dalam proses ini berasal dari 3 stasiun hujan pada wilayah Kabupaten Garut bagian Selatan seperti terlihat pada **Tabel 1**. Sedangkan proses analisis hidraulika digunakan dalam menentukan kapasitas saluran berdasarkan debit dengan periode ulang tertentu (debit rencana) dengan meninjau potongan memanjang dan melintang saluran.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Skema Saluran Drainase

Saluran drainase yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk U-ditch dan berfungsi sebagai saluran pembuangan. Berikut (**Gambar 4**) adalah skema saluran yang ada di Jalan Raya Bungbulang.



Gambar 4. Skema saluran drainase Jalan Raya Bungbulang

Diperlukan nilai parameter hitung untuk menentukan analisis debit banjir berdasarkan kondisi saluran dan topologi daerah penelitian. Parameter yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Panjang saluran yang ditinjau yaitu 1.000 m.
- Elevasi tanah tertinggi yaitu 775 m, sedangkan untuk elevasi terendah yaitu 668 m.
- Lebar perkerasan jalan yaitu 6 m dan memiliki kemiringan sebesar 3%.
- Panjang lintasan air dari titik terjauh yaitu 88,6 m.
- Kecepatan aliran air pada saluran sebesar 2,620 m/s.
- Koefisien pengaliran jalan beton dan aspal sebesar 0,95 dan pegunungan sebesar 0,9.

4.2 Analisis Data Hujan

Hasil analisis curah hujan rencana dengan uji konsistensi yang dilakukan menggunakan metode RAPS membuktikan bahwa data curah hujan pada setiap stasiun telah konsisten berdasarkan perbandingan probabilitas 95%. Sedangkan Hasil analisis curah hujan rencana dengan uji homogenitas yang dilakukan menggunakan metode Uji-F membuktikan bahwa data curah hujan pada setiap stasiun telah homogen. Resume uji konsistensi dan uji homogenitas dari Stasiun Jayasena, Stasiun Situayu dan Stasiun Cikembar dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3** berikut.

Tabel 2. Resume Uji Konsistensi

Stasiun	Q Hitung	Q Kritis	Ket.	R Hitung	R Kritis	Ket.
RAPS Jayasena	0,495	1,14	KONSISTEN	0,970	1,28	KONSISTEN
RAPS Situayu	0,504	1,14		1,212	1,28	
RAPS Cikembar	0,632	1,14		0,987	1,28	

Tabel 3. Resume Uji Homogenitas

Stasiun	<i>F</i> Hitung	<i>F</i> Tabel	Keterangan
Jayasena & Situayu	0,914	3,18	<i>F</i> hitung < <i>F</i> kritis (HOMOGEN)
Cikembar & Situayu	0,261	3,18	<i>F</i> hitung < <i>F</i> kritis (HOMOGEN)

Besarnya curah hujan maksimum rerata harian Daerah Aliran Sungai (DAS) dihitung dengan metode aritmatik untuk mendapatkan tinggi hujan wilayah, dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Hasil Analisis Curah Hujan Rata-rata Wilayah

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum			
		Sta. Jayasena	Sta. Situayu	Sta. Cikembar	Hujan Wilayah
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	2011	160,00	202,00	65,00	142,33
2	2012	190,00	91,00	81,00	120,67
3	2013	106,00	69,00	114,00	96,33
4	2014	95,00	108,00	119,00	107,33
5	2015	70,00	36,00	50,00	52,00
6	2016	197,00	130,00	111,00	146,00
7	2017	175,00	135,00	105,00	138,33
8	2018	101,00	90,00	96,00	95,67
9	2019	120,00	118,00	115,00	117,67
10	2020	134,00	71,00	86,00	97,00

4.3 Analisis Frekuensi

Hasil analisis distribusi frekuensi guna mencari besarnya curah hujan rencana maksimum dari periode ulang 10 dengan berbagai distribusi dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Parameter Statistik

Distribusi Normal & Gumbel		Distribusi Log Normal & Log Pearson III	
Parameter	Hasil	Parameter	Hasil
Hujan rata-rata (\bar{X})	111,333	Hujan rata-rata (\bar{X}_{Log})	2,031
Standar Deviasi (<i>Sd</i>)	28,346	Standar Deviasi (Sd_{Log})	0,131
Koef. Variasi (<i>Cv</i>)	0,255	Koef. Variasi (<i>Cv</i>)	0,065
Koef. Skewness (<i>Cs</i>)	-0,774	Koef. Skewness (<i>Cs</i>)	-1,587
Koef. Kurtosis (<i>Ck</i>)	4,750	Koef. Kurtosis (<i>Ck</i>)	7,063

Berdasarkan analisis parameter statistik distribusi dengan uji dispersi yang telah memenuhi syarat yaitu distribusi Log Pearson Tipe III dengan syarat $\neq 0$.

4.4 Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Setelah mendapatkan nilai curah hujan rencana (X_T) untuk kala ulang 10 tahun (**Tabel 6**), kemudian dihitung berdasarkan rumus yang sesuai dengan karakteristik data.

Tabel 8. Nilai Besaran Curah Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

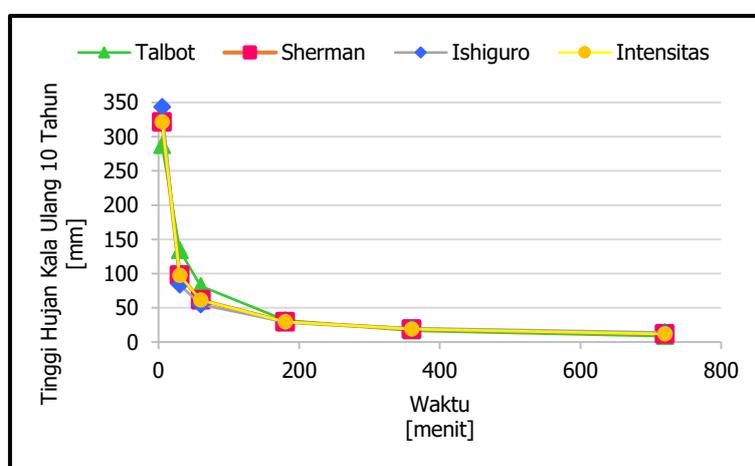
<i>T</i>	<i>Log Xrt</i>	<i>Sd Log X</i>	K_T	$X_T \text{ Log}$	X_T [mm/menit]
5	2,2903	0,1312	1,6519	2,51	321,35
30	1,7715	0,1312	1,6519	1,99	97,32
60	1,5708	0,1312	1,6519	1,79	61,31
180	1,2527	0,1312	1,6519	1,47	29,47
360	1,0520	0,1312	1,6519	1,27	18,57
720	0,8514	0,1312	1,6519	1,07	11,70

Rumus dipilih menggunakan grafik IDF yang menampilkan hasil hitungan Talbot, Ishiguro, dan Sherman, kemudian dibandingkan dengan nilai curah hujan rencana untuk mendapatkan besaran intensitas curah hujan yang sesuai dengan Log Pearson Tipe III. Hasil analisis ditunjukkan dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi Besaran Curah Hujan Rencana

<i>t</i>	Intensitas [mm]		
	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	287,458	321,355	343,672
30	134,136	97,323	83,410
60	81,788	61,310	54,513
180	31,935	29,475	29,215
360	16,682	18,568	20,082
720	8,532	11,697	13,925

Intensitas rencana dari hasil perhitungan yang kemudian divisualisasikan seperti pada **Gambar 5** dengan tujuan menghasilkan bentuk kurva lengkung Intensitas Durasi Frekuensi yang tepat dengan intensitas curah hujan rencana selama 10 tahun.



Gambar 5. Grafik intensitas durasi frekuensi (IDF)

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa Intensitas dengan rumus Sherman bersinggungan langsung dengan intensitas rencana, oleh karena itu persamaan yang dipilih untuk mencari intensitas curah hujan rencana selama 10 tahun yaitu rumus Sherman.

4.5 Waktu Konsentrasi (T_c)

Pada saluran drainase di Jalan Raya Bungbulang memiliki nilai waktu konsentrasi sebesar 16,408 menit atau setara dengan 0,273 jam.

4.6 Intensitas Curah Hujan (I)

Penelitian ini menggunakan data hujan maksimum rerata harian, sehingga pada perhitungan intensitas hujan menggunakan persamaan terpilih yaitu Metode Sherman dengan nilai konstanta $a = 939,647$ dan $n = 0,667$ sehingga didapatkan $I_{Sherman} = \frac{a}{t^n} = \frac{939,647}{16,408^{0,667}} = 145,524$ mm/menit.

4.7 Analisis Kapasitas Drainase (Q_s)

Pada dasarnya, dilakukan pengecekan kapasitas saluran drainase dengan tujuan mengetahui kondisi saluran drainase tersebut dalam hal menampung debit air hujan yang dihasilkan dalam kondisi normal maupun dalam kondisi ekstrim seperti saat terjadi hujan lebat. Nilai $A = 0,64$ m² dan $V = 2,670$ m/s sehingga didapatkan $Q = A \times V = 0,64 \times 2,620 = 1,677$ m³/s.

4.8 Debit Banjir Rencana (Q_r)

Setelah mendapatkan nilai parameter pendukung perhitungan, maka selanjutnya menghitung total luas daerah pengaliran (A), nilai koefisien gabungan (C_w), dan nilai koefisien penyimpangan (C_s) yang terdapat pada **Tabel 8** berikut.

Tabel 10. Nilai Luas Daerah Pengaliran, Koefisien gabungan dan Koefisien Penyimpangan

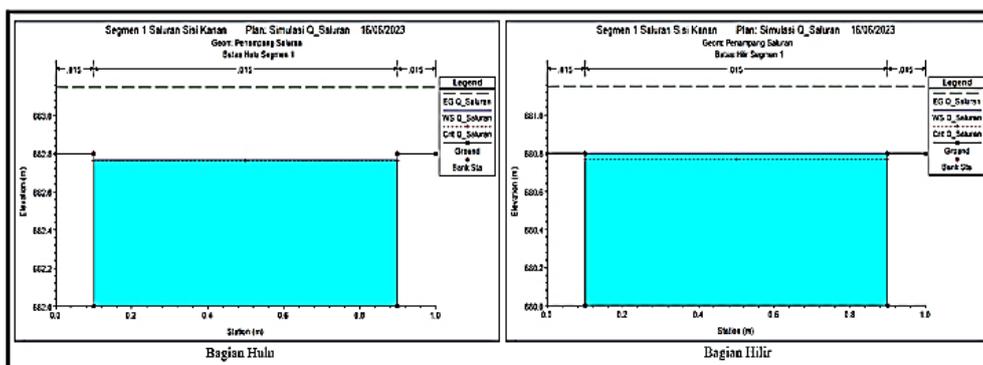
Bagian	L_o [m]	L [m]	A [km ²]	Total A [km ²]	C	C_w	C_s
½ Badan Jalan	3	1.000	0,0030	0,092	0,95	0,902	0,721
Area Pegunungan	88,6	1.000	0,0886		0,90		

Proses analisis debit banjir rencana aliran ada kawasan saluran drainase pada Jalan Raya Bungbulang berdasarkan nilai intensitas curah hujan, koefisien limpasan dan *catchment area* yang berpengaruh pada saluran tersebut. Analisis debit banjir menggunakan metode rasional modifikasi pada periode kala ulang 10 tahun berdasarkan tipologi kota termasuk sedang adalah sebagai berikut $Q_r = 0,278 \times C \times C_s \times I \times A = 0,278 \times 0,902 \times 0,721 \times 145,524 \times 0,092 = 2,408 \text{ m}^3/\text{s}$.

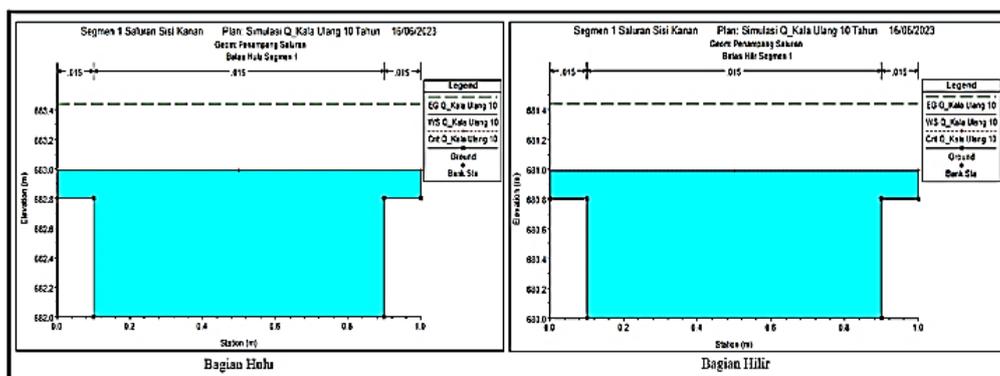
Hasil analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional modifikasi didapatkan bahwa saluran di Jalan Raya Bungbulang mengalami luapan karena debit yang dihasilkan setelah perhitungan yaitu sebesar $Q_r = 2,408 \text{ m}^3/\text{s} < Q_s = 1,677 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.9 Analisis Simulasi Aliran Menggunakan HEC-RAS v6.0

Hasil *input* data geometri dan data debit puncak saluran sebesar $1,677 \text{ m}^3/\text{s}$ serta menggunakan debit banjir rencana 10 tahun sebesar $2,408 \text{ m}^3/\text{s}$; maka didapatkan *output* berupa gambar elevasi muka air seperti **Gambar 6** dan **Gambar 7** di bawah ini.



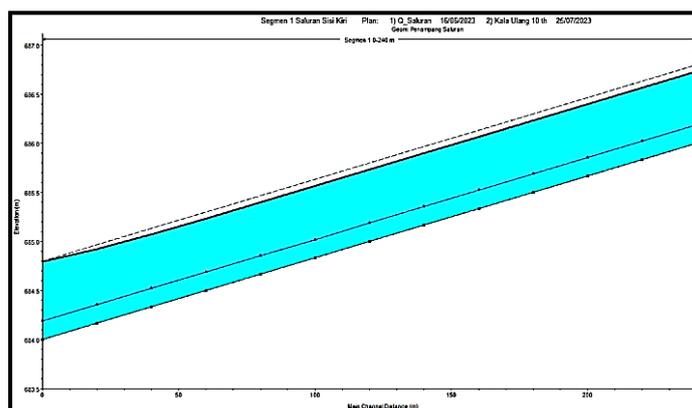
Gambar 6. Output elevasi debit puncak saluran



Gambar 7. Output elevasi Q_r kala ulang 10 tahun

Validasi Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Metode Rasional Modifikasi dengan Software HEC-RAS & SWMM (Studi Kasus: Drainase Jalan Raya Bungbulang, Kabupaten Garut)

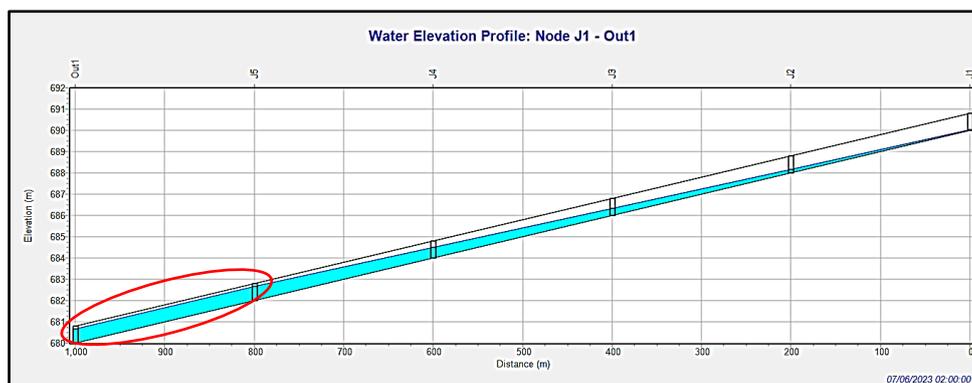
Hasil analisis simulasi aliran pada saluran drainase di Jalan Raya Bungbulang menggunakan *software* HEC-RAS didapatkan bahwa elevasi air permukaan di hulu +682,760 m dan elevasi air permukaan di hilir +680,800 m untuk *input* debit puncak saluran. Sedangkan untuk *input* debit rencana kala ulang 10 tahun didapatkan air permukaan di hulu +682,990 m dan elevasi air permukaan di hilir +680,990 m. Hal tersebut membuktikan bahwa saluran mengalami luapan air setinggi 0,19 m dan membuktikan bahwa saluran di Jalan Raya Bungbulang tidak dapat mengalirkan debit rencana ($Q_{10 \text{ tahun}}$) seperti yang terjadi di lapangan berdasarkan hasil pengamatan selisih ketinggian air. Hasil simulasi aliran pada penampang saluran menggunakan *software* HEC-RAS dapat dilihat pada **Gambar 8** berikut.



Gambar 8. Output simulasi saluran drainase

4.10 Analisis Simulasi Aliran Menggunakan SWMM v5.2

Jaringan drainase di Jalan Raya Bungbulang dimodelkan menggunakan *software* SWMM 5.2 dengan fisik hidraulik yang divisualisasikan dalam pemodelan seperti: *sub catchment*, *junction node*, *outfall node*, dan *conduit* berdasarkan data eksisting lapangan. Setelah dilakukan pemodelan pada jaringan saluran drainase, maka selanjutnya dilakukan *running* SWMM untuk mengetahui posisi suatu genangan di titik saluran seperti pada **Gambar 9** berikut.

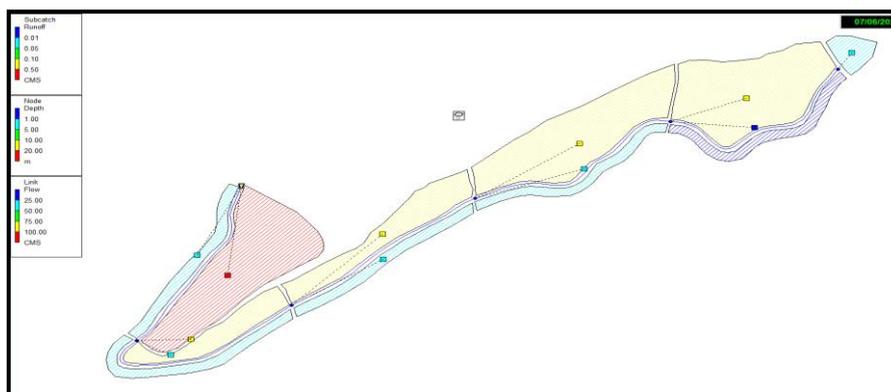


Gambar 9. Potongan memanjang saluran hasil running

Hasil analisis simulasi aliran pada saluran drainase di Jalan Raya Bungbulang menggunakan *software* SWMM didapatkan bahwa saluran mengalami luapan. Hal ini dibuktikan pada *output* simulasi **Gambar 10** dan **Gambar 11** berikut.

Outfall Node	Flow Frequency %	Average Flow CMS	Maximum Flow CMS	Total Volume 10 ⁶ ltr
Out1	83.26	1.136	2.082	20.439

Gambar 10. Output simulasi aliran di titik kontrol (out 1)



Gambar 11. Hasil simulasi aliran menggunakan *software* SWMM

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan baik dari perhitungan secara umum maupun menggunakan program, maka dapat disimpulkan bahwa saluran sistem drainase yang ada di Jalan Raya Bungbulang mengalami luapan. Tinggi muka air yang didapatkan berkisar antara 0,19 m sampai 0,35 m; seperti yang terjadi di lapangan saluran sistem drainase mengalami luapan air ke permukaan jalan setinggi $\pm 0,20$ m. Sehingga untuk mengantisipasi adanya kerusakan jalan, maka perlu perencanaan ulang saluran sistem drainase untuk memperbesar daya tampungnya dengan cara menambah kedalaman pada dimensi penampang saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin, M. B. A. (2009). *Diktat Drainase Perkotaan*. Palembang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
- [2] Kirpich, T. P. (1940). Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. *Journal of Civil Engineering*, 10(6), 362.
- [3] Kodoatie, R. J. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- [4] Riyanto, B. A. (2018). *Bekerja dengan HEC-RAS. Handout Pelatihan HEC-RAS*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.
- [5] Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statik untuk Analisa Data (Jilid 1)*. Bandung: Nova.
- [6] Sosrodarsono, S. (1977). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [7] Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.
- [8] Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- [9] Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [10] Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.