



## Evaluasi Tinggi Muka Air Jembatan Kalibondo–Chanachol Dusun Gending Sari, Desa Kalinegoro, Kecamatan Mertoyudan Terhadap Banjir Kala Ulang

Azira Ma Al Ashar H.P, Muhammad Amin, Arrizka Yanuar Adipradana

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,

Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116

Corresponden Author: [aziraputra2801@gmail.com](mailto:aziraputra2801@gmail.com), [muhhammadamin@untidar.ac.id](mailto:muhhammadamin@untidar.ac.id), [arrizka.yanuar@untidar.ac.id](mailto:arrizka.yanuar@untidar.ac.id)

### INTISARI

Banjir adalah peristiwa bencana alam yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Banjir memiliki banyak penyebab, salah satunya adalah diakibatkan oleh adanya aliran air yang cukup kencang yang berasal pembuangan beberapa irigasi yang tidak mampu di tampung oleh sungai. Salah satunya yaitu meluapnya air pada kali gending yang terdapat di Dusun Gending Sari, Kelurahan Kalinegoro, Kecamatan Mertoyudan, Kabupaten Magelang. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui intensitas banjir kala ulang yang terjadi.

Penelitian ini menggunakan aplikasi SWMM (*Storm Water Management Model*) untuk memproyeksikan intensitas curah hujan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa intensitas hujan kala ulang 25 tahun dan 50 tahun sebesar 19,637 dan 21,994 melebihi kapasitas saluran yang mengakibatkan air meluap terutama pada tiga *junction* terakhir mendekati jembatan. Maka dari itu perlu ada rehabilitasi jembatan dengan cara menaikkan tinggi jembatan setinggi 1,4 meter.

Kata kunci: *SWMM, Banjir, Kala Ulang, Distribusi Normal*

### ABSTRACT

Floods are natural disaster events that occur when an excessive flow of water submerges land. Floods have many causes, one of which is caused by the flow of water that is quite fast from the disposal of several irrigation channels that can't be accommodated by the river. One of them is the overflow of water at the Gending river in Gending Sari Hamlet, Kalinegoro Village, Mertoyudan District, Magelang Regency. Therefore, this research was conducted to determine the intensity of the repeated floods that occur.

This study uses the Normal Comparison method to find missing data, average rainfall calculations with the Thiessen Polygon method, frequency analysis with the Normal Log Method, and rainfall intensity with the Mononobe Method with the help of the SWMM (*Storm Water Management Model*) application. By collecting rainfall data taken from the nearest rain catcher station, the intensity of return rainfall is 2, 5, 10, 20, 25, 50, and 100 years.

The calculation results show that the intensity of the 25-year and 50-year return rains of 19,637 and 21,994 exceeded the channel capacity which resulted in water overflowing, especially at the last three junctions approaching the bridge. Therefore, it is necessary to rehabilitate the bridge by raising the height of the bridge to as high as 1,4 meters.

Keywords: *SWMM, Flood, Return Period, Normal Distribution*

### PENDAHULUAN

Banjir adalah peristiwa bencana alam yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Banjir disebabkan oleh beberapa kemungkinan, antara lain karena kiriman dan genangan. Banjir kiriman terjadi karena peningkatan debit air sungai yang mengalir dan berkurangnya kapasitas pengaliran atau daya tampung pada saluran sungai. Sehingga air sungai meluap dan menggenangi daerah disekitarnya. Banjir jenis ini juga bisa diakibatkan oleh adanya aliran air yang cukup kencang yang tidak mampu ditampung oleh sungai

Salah satunya yaitu meluapnya air pada kali gending yang terdapat di Dusun Gending Sari, Kelurahan Kalinegoro, Kecamatan Mertoyudan, Kabupaten Magelang. Luapan air pada Kali Gending terjadi selama musim hujan, terutama pada tanggal 27 Februari 2021, pada pukul 08.56.

Berdasarkan Latar belakang di atas maka, penelitian ini akan mengevaluasi tinggi muka air saat

banjir yang ada di Kali Gending dengan menghitung debit banjir kala ulang 2, 5, 20, 25, 50, 100 tahun akan dikonversikan menjadi tinggi muka air banjir pada penampang melintang Jembatan Kalibondo–Chanachol.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang penelitian ini, maka susun rumusan masalah untuk mengetahui banjir rencana dengan periode kala ulang 50 tahun di Kali Gending dan kedalaman maksimum air Kali Gending saat banjir.

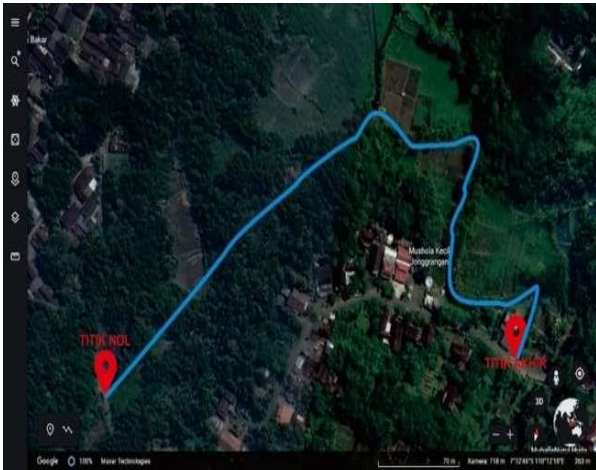
### Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui banjir rencana dengan periode ulang 50 tahun di Kali Gending
2. Untuk mengetahui kedalaman maksimum air Kali Gending saat banjir.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Sebelum mengerjakan penelitian ini, dilakukan survey pendahuluan ke Kali Gending Dusun Gending Sari, Kelurahan Kalinegoro, Kecamatan Mertoyudan Kabupaten Magelang. Untuk lebih memahami dan mengetahui secara lebih nyata keadaan di lapangan sehingga dapat melihat permasalahan secara langsung. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Lokasi Penelitian.



Gambar 2. Lokasi Penelitian.

**SUMBER DATA**

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung oleh penyusun di lapangan setelah melakukan penelitian. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Pengukuran dimensi sungai yang terdiri dari lebar sungai dan kedalaman sungai tersebut untuk menentukan kala ulang banjir.
- b. Elevasi jalan dan jembatan untuk menentukan kemiringan jalan dan tinggi abutment.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan melalui data yang sudah ada sebelumnya yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Magelang dan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu Opak Progo dan antara lain:

- a. Data curah hujan

Data curah hujan berguna untuk mengetahui data hujan rata-rata tiap stasiun hujan yang pada akhirnya diketahui data hujan maksimal.

- b. Peta topografi

Peta topografi sangat diperlukan dalam hal ini untuk mengetahui dan menganalisa keadaan saluran yang dianalisis dan mengetahui luas daerah DAS.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan Stasiun Hujan**

Penentuan stasiun hujan dilakukan berdasarkan kedekatan lokasi penelitian dan stasiun pengamat hujan. Semakin dekat stasiun hujan dengan lokasi penelitian akan semakin memberi akurasi yang tinggi terhadap data yang diperoleh.

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan 16 tahun dari masing-masing stasiun hujan. Stasiun hujan yang digunakan diantaranya:

1. Balai Penyuluh Pertanian (BPP)
2. Stasiun Mendut
3. Stasiun Seneng

Ketiga data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari BPP Pertanian dan DPU PR Kabupaten Magelang, sehingga memiliki dasar kuat untuk digunakan.

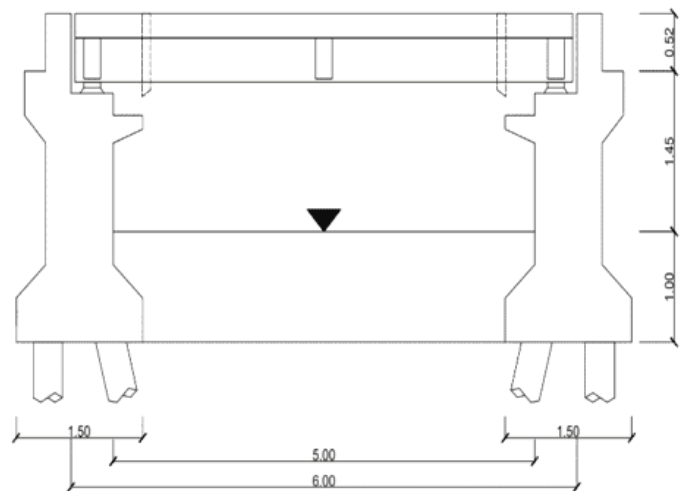
**Data Curah Hujan**

Tabel 1. Rekapitulasi Jumlah Data Curah Hujan Tahunan

Tahun	STASIUN		
	BPP	Mendut	Seneng
2007	986	1394	0
2008	814	1794	0
2009	1961	1315	0
2010	3382	2707	3778
2011	2271	2510	2795
2012	1884	2091	1861
2013	2781	2431	2592
2014	1595	1745	2590
2015	2545	1882	2389
2016	3561	3186	3360
2017	3430	2818	2888
2018	2435	2415	1889
2019	1866	2039	3152
2020	3398	2639	4409

**Eksisting Jembatan**

Eksisting jembatan adalah gambaran kondisi jembatan sesuai dengan apa yang telah dibangun hari ini. Kondisi eksisting jembatan dapat ditunjukkan pada Gambar 3. Eksisting Jembatan.



Gambar 3. Sketsa Jembatan

Kondisi eksisting jembatan hari ini memiliki panjang 5meter dengan lebar 4meter dan tinggi dari muka air ke bagian bawah jembatan adalah 80 cm. jembatan juga memiliki bangunan penunjang berupa sandaran dengan tinggi 50 cm.

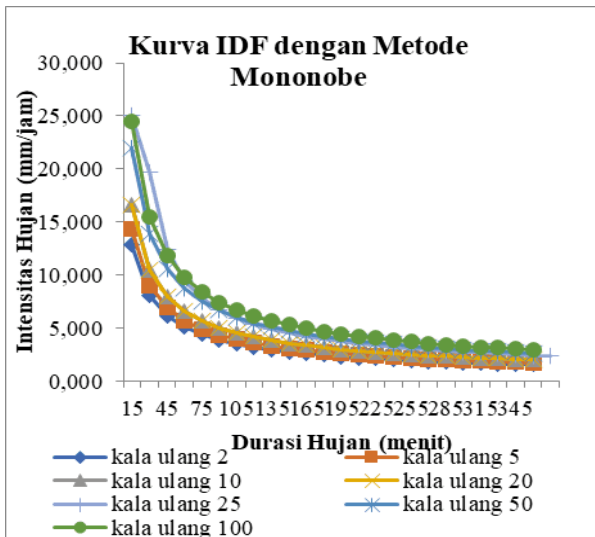
Jembatan ini mulai dibangun pada tanggal 31 Oktober tahun 1980 yang berarti telah beroperasi lebih dari 40 tahun.

**Perhitungan Intensitas Curah Hujan**

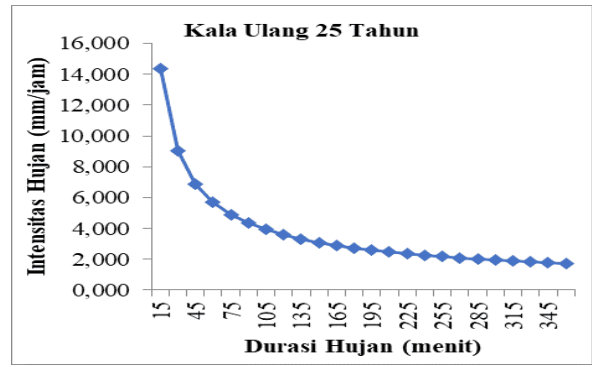
Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam volume hujan setiap satuan waktu. Pada penelitian ini digunakan metode *Mononobe* dengan IDF (Intensitas-Durasi-Frekuensi). Pada Tabel 2. menunjukkan rekapitulasi R24 dari perhitungan sebelumnya.

Tabel 2. Rekapitulasi R24

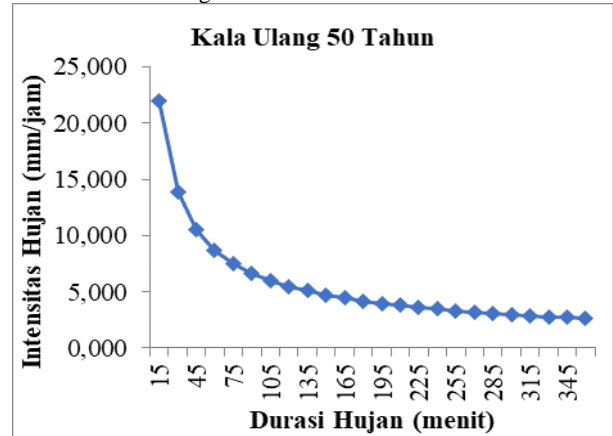
Durasi (Menit)	Intensitas Hujan (mm)						
	2	5	10	20	25	50	100
15	12,819	14,342	16,591	18,875	19,637	21,994	24,532
30	8,076	9,035	10,451	11,891	12,370	13,855	15,455
45	6,163	6,895	7,976	9,074	9,440	10,574	11,794
60	5,087	5,692	6,584	7,491	7,793	8,728	9,736
75	4,384	4,905	5,674	6,455	6,716	7,522	8,390
90	3,882	4,344	5,025	5,716	5,947	6,661	7,430
105	3,503	3,919	4,534	5,158	5,366	6,010	6,704
120	3,205	3,586	4,148	4,719	4,909	5,499	6,133
135	2,963	3,315	3,834	4,362	4,538	5,083	5,670
150	2,762	3,090	3,574	4,067	4,231	4,738	5,285
165	2,592	2,900	3,354	3,816	3,970	4,447	4,960
180	2,446	2,736	3,165	3,601	3,746	4,196	4,680
195	2,319	2,594	3,001	3,414	3,552	3,978	4,437
210	2,207	2,469	2,856	3,249	3,381	3,786	4,223
225	2,108	2,358	2,728	3,103	3,229	3,616	4,033
240	2,019	2,259	2,613	2,973	3,093	3,464	3,864
255	1,939	2,169	2,509	2,855	2,970	3,327	3,711
270	1,866	2,088	2,416	2,748	2,859	3,202	3,572
285	1,800	2,014	2,330	2,651	2,758	3,089	3,445
300	1,740	1,947	2,252	2,562	2,665	2,985	3,330
315	1,684	1,884	2,180	2,480	2,580	2,890	3,223
330	1,633	1,827	2,113	2,404	2,501	2,801	3,125
345	1,585	1,773	2,051	2,334	2,428	2,719	3,033
360	1,541	1,724	1,994	2,269	2,360	2,643	2,948
Jumlah	80,321	89,865	103,953	118,267	123,039	137,809	153,714
Intensitas (mm/jam)	13,387	14,977	17,325	19,711	20,507	22,968	25,619



Gambar 4. Kurva IDF Keseluruhan dengan Metode *Mononobe*



Gambar 5. Kurva IDF Kala Ulang 25 Tahun dengan Metode *Mononobe*



Gambar 6. Kurva IDF Kala Ulang 50 Tahun dengan Metode *Mononobe*

**Perhitungan Debit Teoritis**

Untuk mempermudah perhitungan debit teoritis tiap conduit dicontohkan untuk kala ulang 25 dan 50 tahun dilakukan dalam Tabel 4.23 Perhitungan Debit Teoritis Kala Ulang 25 Tahun dan Tabel 4.24 Perhitungan Debit Teoritis Kala Ulang 50 Tahun.

Tabel 3. Perhitungan Debit Teoritis Kala Ulang 25 Tahun

Juncti on	Koefisien Aliran (C)	Intensitas hujan (I)	Luas (M <sup>2</sup> ) (A)	Debit Q=C×I×A
J2	0,4	0,0205	545	4,4690
J3	0,3	0,0205	810	4,9815
J4	0,4	0,0205	360	2,9520
J5	0,6	0,0205	690	8,4870
J6	0,6	0,0205	437	5,3751
J7	0,5	0,0205	438	4,4895
J8	0,6	0,0205	430	5,2890
J9	0,4	0,0205	457	3,7474
J10	0,2	0,0205	400	1,6400
J11	0,5	0,0205	465	4,7663
J12	0,5	0,0205	521	5,3403
J13	0,6	0,0205	540	6,6420
J14	0,4	0,0205	530	4,3460
J15	0,6	0,0205	533	6,5559
J16	0,6	0,0205	425	5,2275
J17	0,4	0,0205	485	3,9770
J18	0,4	0,0205	503	4,1246
J19	0,4	0,0205	495	4,0590
J20	0,4	0,0205	433	3,5506
J21	0,4	0,0205	451	3,6982
J22	0,4	0,0205	585	4,7970
J23	0,5	0,0205	514	5,2685
J24	0,17	0,0205	520	1,8122

Juncti on	Koefisien Aliran (C)	Intensitas hujan (I)	Luas (M <sup>2</sup> ) (A)	Debit Q=C×I×A
J25	0,17	0,0205	516	1,7983
J26	0,5	0,0205	470	4,8175
J27	0,17	0,0205	498	1,7355
J28	0,17	0,0205	513	1,7878
J29	0,7	0,0205	527	7,5625
J30	0,7	0,0205	505	7,2468
J31	0,7	0,0205	616	8,8396

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Tabel 3. Perhitungan Debit Teoritis Kala Ulang 50 Tahun

Juncti on	Koefisien Aliran (C)	Intensitas hujan (I)	Luas (M <sup>2</sup> ) (A)	Debit Q=C×I×A
J2	0,4	0,0230	545	5,0140
J3	0,3	0,0230	810	5,5890
J4	0,4	0,0230	360	3,3120
J5	0,6	0,0230	690	9,5220
J6	0,6	0,0230	437	6,0306
J7	0,5	0,0230	438	5,0370
J8	0,6	0,0230	430	5,9340
J9	0,4	0,0230	457	4,2044
J10	0,2	0,0230	400	1,8400
J11	0,5	0,0230	465	5,3475
J12	0,5	0,0230	521	5,9915
J13	0,6	0,0230	540	7,4520
J14	0,4	0,0230	530	4,8760
J15	0,6	0,0230	533	7,3554
J16	0,6	0,0230	425	5,8650
J17	0,4	0,0230	485	4,4620
J18	0,4	0,0230	503	4,6276
J19	0,4	0,0230	495	4,5540
J20	0,4	0,0230	433	3,9836
J21	0,4	0,0230	451	4,1492
J22	0,4	0,0230	585	5,3820
J23	0,5	0,0230	514	5,9110
J24	0,17	0,0230	520	2,0332
J25	0,17	0,0230	516	2,0176
J26	0,5	0,0230	470	5,4050
J27	0,17	0,0230	498	1,9472
J28	0,17	0,0230	513	2,0058
J29	0,7	0,0230	527	8,4847
J30	0,7	0,0230	505	8,1305
J31	0,7	0,0230	616	9,9176

Sumber: Hasil Analisa, 2022

**Perhitungan Debit Air Saluran**

Perhitungan Debit Air saluran menggunakan *Current Meter* yang menghasilkan perhitungan sebagai berikut untuk pias kedua,

Kedalaman 0,2  
 Jumlah putaran alat = 45  
 Jumlah putaran/Waktu = 45/28,12=1,6003  
 Waktu = 28,12 detik  
 $0,74 < n < 11,53$   
 $V = 0,1277 * n + 0,0175$   
 $V = 0,1277 * 1,6003 + 0,0175 = 0,2219$

Kedalaman 0,6  
 Jumlah putaran alat = 72

Jumlah putaran/Waktu = 72/28,29=2,5450  
 Waktu = 28,29detik  
 $0,74 < n < 11,53$   
 $V = 0,1277 * n + 0,0175$   
 $V = 0,1277 * 2,5450 + 0,0175 = 0,3425$

Kedalaman 0,8  
 Jumlah putaran alat = 78  
 Jumlah putaran/Waktu = 78/28,08=2,7778  
 Waktu = 28,08 detik  
 $0,74 < n < 11,53$   
 $V = 0,1277 * n + 0,0175$   
 $V = 0,1277 * 1,6003 + 0,0175 = 0,3722$   

$$V = \frac{\left[ \left( \frac{0,2219 + 0,3722}{2} \right) + 0,3425 \right]}{0,5}$$
  
 $V = 0,3198 \text{ m/s}$

Hasil perhitungan kecepatan air dapat ditunjukkan pada Tabel 4 Jumlah Putaran Baling-baling dan Waktu serta Tabel 5 Kecepatan Air Saluran.

Tabel 4. Jumlah Putaran Propeler dan Waktu

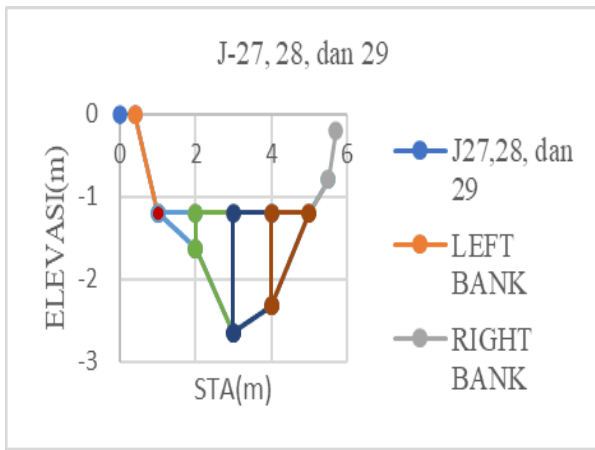
	Putaran(A)	Waktu(B)	A/B
1			
0,2			
0,6	32	28	1,1429
0,8			
2			
0,2	45	28,12	1,6003
0,6	72	28,29	2,5451
0,8	78	28,08	2,7778
3			
0,2	62	29,08	2,1320
0,6	77	30,71	2,5073
0,8	78	29,31	2,6612
4			
0,2	64	29,63	2,1600
0,6	80	30,97	2,5831
0,8	59	28,96	2,0373
5			
0,2	28	29,06	0,9635
0,6	52	29,38	1,7699
0,8	65	29,62	2,1945

Tabel 5. Kecepatan Air Saluran Tiap Pias

Pias	1		2		3		4		5	
	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V
0,2	0	-	1,60	0,22	2,13	0,29	2,16	0,29	0,96	0,14
0,6	1,14	0,16	2,54	0,34	2,50	0,33	2,58	0,34	1,76	0,24
0,8	0	-	2,77	0,37	2,66	0,35	2,03	0,27	2,19	0,29
V	0,1634		0,3198		0,3306		0,3164		0,2313	

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Maka didapati:  
 Pias 1 V=0,1634 m/s      Pias 2 V=0,3198 m/s  
 Pias 3 V=0,3306 m/s      Pias 4 V=0,3164 m/s  
 Pias 5 V=0,2313 m/s      V<sub>rata-rata</sub>=0,27231 m/s



**Gambar 7.** Potongan Melintang Sungai pada Junction 27,28, dan 29

**Tabel 6.** Kedalaman Tiap Pias

Pias	Kedalaman (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	0,815	0,215
2	2,14	0,725
3	2,485	1,285
4	1,16	0,56
Jumlah	660	2,785
Rata-rata	165	

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Maka perhitungan debit sebagai berikut

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0,27231 \times 2,785 = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Simulasi Program SWMM**

Evaluasi saluran sungai juga dilakukan simulasi numerik dengan program bantu EPA SWMM. Adapun data-data yang diperlukan dalam melakukan evaluasi simulasi pemodelan dengan EPA SWMM yaitu data subcatchment, data junction, data conduit, dan data curah hujan interval waktu. Penelitian ini memiliki 29 junction, 29 conduit dan 1 outfall nodes. Bentuk saluran pada penelitian ini ada 1 jenis bentuk saluran yaitu tidak beraturan. Junction merupakan titik awal dari setiap conduit. Setiap conduit dihubungkan oleh dua junction. Data curah hujan rencana yang digunakan untuk input rain gage dalam software SWMM adalah periode kala ulang 25 tahun dan 50 tahun dengan intensitas hujan 20,507 mm/jam dan 22,968. Pembagian dan skematisasi pada simulasi SWMM dimodelkan pada Gambar 4.8. Nilai atau data yang diperlukan untuk diinput pada SWMM disajikan dalam bentuk tabel yaitu pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

**Tabel 7.** Nilai Properti Junction

Junctio n	Titik	Elevasi (m)	Junction	Titik	Elevasi (m)
J1	0	-205	J16	292	-204
J2	20	-145	J17	312	-107
J3	32	-135	J18	332	-90
J4	52	-141	J19	352	-133
J5	72	-180	J20	374	-111
J6	92	-191	J21	394	-146
J7	112	-132	J22	414	-161
J8	132	-160	J23	434	-175

Junctio n	Titik	Elevasi (m)	Junction	Titik	Elevasi (m)
J9	152	-131	J24	454	-187
J10	172	-123	J25	474	-178
J11	192	-130	J26	494	-265
J12	212	-102	J27	514	-266
J13	232	-194	J28	534	-265
J14	252	-86	J29	554	-265
J15	272	-124			

Sumber: Data Pribadi, 2022

**Tabel 8.** Nilai Properti Conduit

Conduit	Jenis Conduit	Panjang Saluran (m)	Koefisien
C1	Irregular	20	0,02
C2	Irregular	20	0,02
C3	Irregular	20	0,02
C4	Irregular	20	0,02
C5	Irregular	20	0,02
C6	Irregular	20	0,02
C7	Irregular	20	0,02
C8	Irregular	20	0,02
C9	Irregular	20	0,02
C10	Irregular	20	0,02
C11	Irregular	20	0,02
C12	Irregular	20	0,02
C13	Irregular	20	0,02
C14	Irregular	20	0,02
C15	Irregular	20	0,02
C16	Irregular	20	0,02
C17	Irregular	20	0,02
C18	Irregular	20	0,02
C19	Irregular	20	0,02
C20	Irregular	20	0,02
C21	Irregular	20	0,02
C22	Irregular	20	0,02
C23	Irregular	20	0,02
C24	Irregular	20	0,02
C25	Irregular	20	0,02
C26	Irregular	20	0,02
C27	Irregular	20	0,02
C28	Irregular	20	0,02
C29	Irregular	20	0,02

Sumber: Data Pribadi, 2022

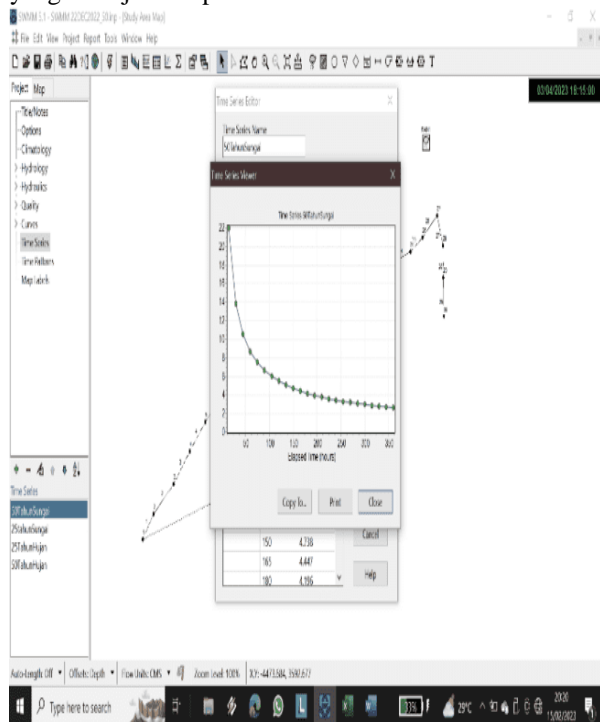
**Tabel 9.** Nilai Properti Rain Gage

Durasi(jam)	Intensitas curah hujan(mm)
15	19,637
30	12,370
45	9,440
60	7,793
75	6,716
90	5,947
105	5,366
120	4,909
135	4,538
150	4,231
165	3,970
180	3,746
195	3,552
210	3,381
225	3,229

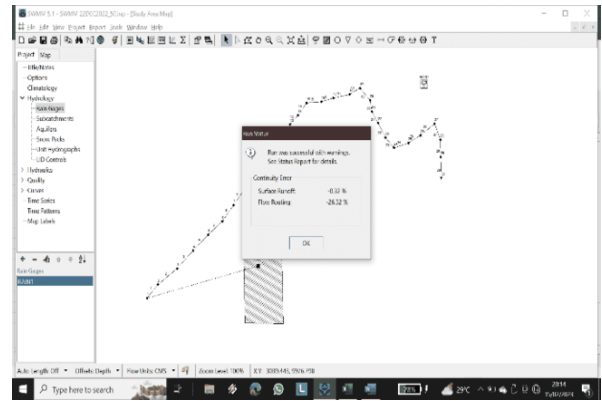
Durasi(jam)	Intensitas curah hujan(mm)
240	3,093
255	2,970
270	2,859
285	2,758
300	2,665
315	2,580
330	2,501
345	2,428
360	2,360

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Data curah hujan yang telah diinput dalam rain gage tersebut disimpan dalam objek RAIN1 sebagai seri data hujan atau time series. Data curah hujan yang telah diinputkan sebagai RAIN1 tersebut dapat dicek dengan melihat garis grafik time series yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Setelah semua data diinputkan, kemudian dicek kembali terlebih dahulu untuk memastikan data yang diinputkan telah benar. Kemudian setelah data sudah pasti terisi dengan benar, lalu dilakukan run simulation yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Time Series Simulasi SWMM 50 Tahun  
Sumber: Hasil Analisis, 2022



Gambar 9. Hasil Run Simulation 50 Tahun  
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Hasil run simulation program SWMM tersebut adalah "Run was successful", hal itu menunjukkan bahwa simulasi tersebut telah berhasil dilakukan dan hal ini juga menunjukkan bahwa data yang diinputkan benar. Hasil continuity error pada run menunjukkan bahwa simulasi pada penelitian ini Flow Routing memiliki error 1,48%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas hasil simulasi penelitian ini sangat baik, kualitas simulasi kurang baik jika continuity error > 5%.

Setelah SWMM menyatakan bahwa simulasi sudah berhasil, Langkah berikutnya adalah melihat hasil dari simulasi, untuk melihat hasil rangkuman simulasi dapat dilihat pada menu Summary Result, cara lain untuk mengetahui hasil simulasi adalah dapat dilakukan dengan menggunakan map, grafik, profil aliran, dan tabel.

Pada halaman node depth dapat diamati bahwa kedalaman air maksimum di JN1 adalah 1,8 meter. Kedalaman air maksimum dapat digunakan sebagai penentuan terjadinya luapan di saluran atau aman. Hasil simulasi pada halaman node depth ditunjukkan pada Gambar 10.

Pada halaman link flow dapat diketahui besaran debit dan kecepatan aliran di setiap saluran. Kecepatan aliran terbesar adalah pada C29 yaitu sebesar 1,26 m/s. Hal ini disebabkan karena akumulasi dari bagian akhir saluran tersebut. Nilai rasio kapasitas saluran terhadap debit maksimum (max/full flow) pada beberapa saluran telah melebihi 1,00. Sebagai contoh saluran C28 di mana nilainya 25,21 yang menunjukkan bahwa debit aliran telah melampaui kapasitas sehingga air meluap dari saluran yang menyebabkan genangan banjir. Hal ini lebih diperjelas pada halaman conduit surcharge. Hasil simulasi pada halaman link flow ditunjukkan pada Gambar 11.

Pada halaman conduit surcharge dapat diketahui saluran mana saja yang mengalami banjir akibat dari luapan debit aliran yang melampaui kapasitas. Pada simulasi penelitian ini diperoleh hasil bahwa saluran yang mengalami banjir adalah saluran C14, C17, dan C24. Hasil simulasi pada halaman conduit surcharge ditunjukkan pada Gambar 12.

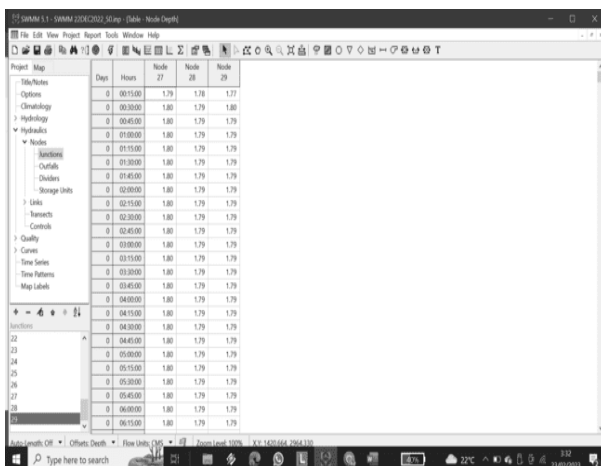


Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
1	JUNCTION	1.41	1.80	-0.25	0	00:03	1.80
2	JUNCTION	0.82	1.22	-0.23	2	13:01	1.21
3	JUNCTION	0.71	1.38	0.03	0	00:00	1.11
4	JUNCTION	0.77	1.33	-0.08	0	00:00	1.19
5	JUNCTION	1.16	1.68	-0.12	0	00:05	1.58
6	JUNCTION	1.27	1.80	-0.11	0	00:05	1.69
7	JUNCTION	0.68	1.26	-0.06	0	00:00	1.11
8	JUNCTION	0.96	1.70	0.10	0	00:01	1.40
9	JUNCTION	0.67	1.60	0.29	0	00:00	1.11
10	JUNCTION	0.59	1.80	0.57	0	00:00	1.05
11	JUNCTION	0.66	1.67	0.37	0	00:01	1.12
12	JUNCTION	0.38	1.34	0.32	0	00:00	0.85
13	JUNCTION	1.30	1.80	-0.14	0	00:02	1.78
14	JUNCTION	0.22	1.33	0.47	0	00:00	0.70
15	JUNCTION	0.58	1.37	0.13	0	00:00	1.02
16	JUNCTION	1.38	1.80	-0.24	0	00:02	1.80
17	JUNCTION	0.41	1.51	0.44	0	00:00	0.92
18	JUNCTION	0.21	1.63	0.73	0	00:00	1.03
19	JUNCTION	0.55	1.79	0.46	0	00:03	1.47
20	JUNCTION	0.31	1.62	0.51	0	00:00	1.25
21	JUNCTION	0.61	1.73	0.27	0	00:02	1.55
22	JUNCTION	0.76	1.80	0.19	0	00:00	1.66
23	JUNCTION	0.89	1.80	0.05	0	00:00	1.72
24	JUNCTION	1.01	1.80	-0.07	0	00:00	1.73
25	JUNCTION	0.92	1.59	-0.19	0	00:00	1.33
26	JUNCTION	1.79	1.80	-0.85	0	00:02	1.80
27	JUNCTION	1.80	1.80	-0.86	0	00:17	1.80
28	JUNCTION	1.79	1.80	-0.85	0	00:00	1.79
29	JUNCTION	1.79	1.80	-0.85	0	00:19	1.80
30	OUTFALL	0.00	0.94	1.44	0	00:00	0.00

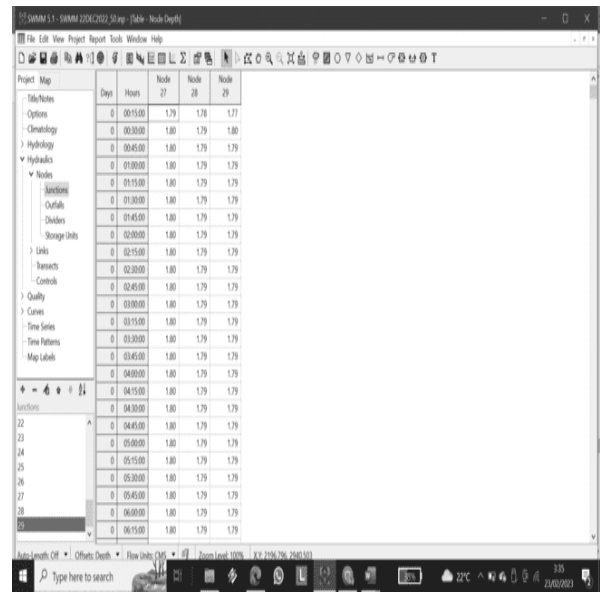
Gambar 10. Rangkuman Hasil Simulasi Untuk Kedalaman Air pada Node Depth  
Sumber: Hasil analisis, 2022

Link	Type	Maximum [Flow] CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
1	CHANNEL	525.121	14	11:32	1.57	0.24	0.84
2	CHANNEL	220.436	0	00:00	0.91	0.31	0.68
3	CHANNEL	201.281	0	00:00	0.57	0.47	0.75
4	CHANNEL	477.658	0	00:00	1.32	0.46	0.83
5	CHANNEL	254.714	0	00:00	0.65	0.58	0.96
6	CHANNEL	372.035	0	00:00	1.11	0.41	0.84
7	CHANNEL	290.480	0	00:02	0.74	0.50	0.80
8	CHANNEL	332.523	0	00:01	0.79	0.60	0.88
9	CHANNEL	218.484	0	00:00	0.43	0.80	0.94
10	CHANNEL	301.274	0	00:00	0.57	1.25	0.95
11	CHANNEL	284.563	0	00:00	0.66	0.62	0.88
12	CHANNEL	339.061	0	00:00	1.01	0.43	0.83
13	CHANNEL	315.941	0	00:00	0.98	0.38	0.77
14	CHANNEL	205.528	0	00:00	0.57	0.44	0.75
15	CHANNEL	309.257	0	00:00	0.87	0.47	0.84
16	CHANNEL	388.289	0	00:01	0.94	0.55	0.87
17	CHANNEL	187.738	0	00:00	0.41	0.66	0.87
18	CHANNEL	331.948	0	00:00	0.67	0.80	0.90
19	CHANNEL	233.339	0	00:00	0.48	0.74	0.90
20	CHANNEL	302.598	0	00:00	0.60	0.78	0.92
21	CHANNEL	211.899	0	00:00	0.38	0.86	0.97
22	CHANNEL	252.068	0	00:00	0.43	1.09	1.00
23	CHANNEL	240.804	0	00:00	0.41	1.15	1.00
24	CHANNEL	234.263	0	00:06	0.50	1.32	0.94
25	CHANNEL	398.028	0	00:00	0.83	0.74	0.91
26	CHANNEL	137.026	0	00:06	0.24	2.41	1.00
27	CHANNEL	269.954	0	00:00	0.46	4.85	1.00
28	CHANNEL	239.360	0	00:01	0.47	25.09	1.00
29	CHANNEL	348.180	0	00:00	1.26	0.29	0.65

Gambar 11. Rangkuman Hasil Simulasi Untuk Aliran pada Link Flow  
Sumber: Hasil analisis, 2022

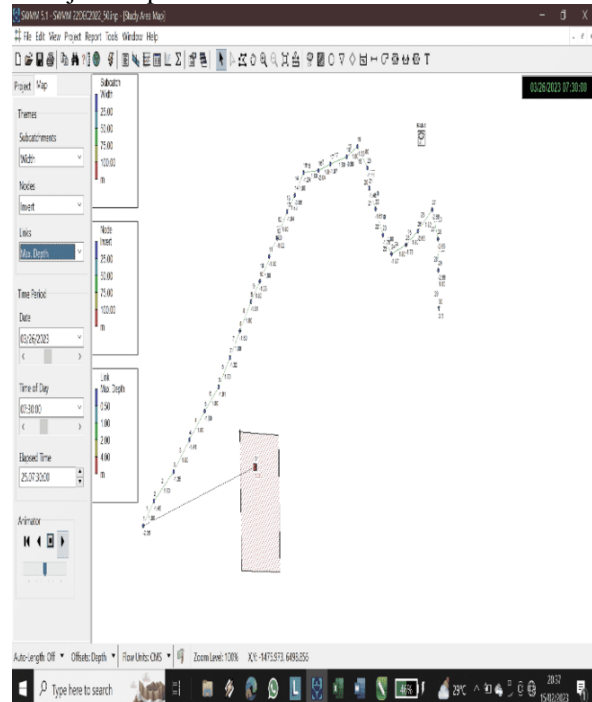


Gambar 12. Rangkuman Hasil Simulasi untuk Genangan Conduit Surcharge Kala Ulang 25 Tahun  
Sumber: Hasil analisis, 2022



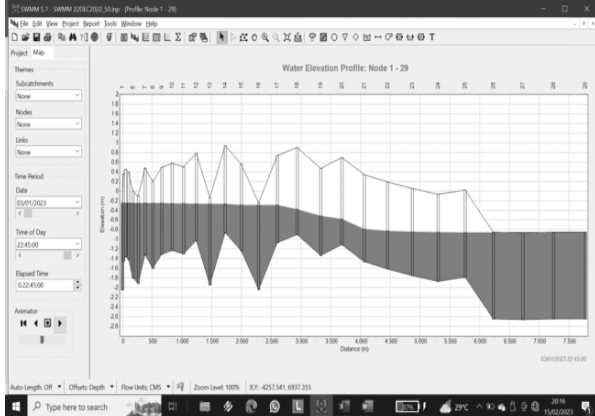
Gambar 13. Rangkuman Hasil Simulasi untuk Genangan Conduit Surcharge Kala Ulang 50 Tahun  
Sumber: Hasil analisis, 2022

Cara lain untuk mengetahui hasil simulasi adalah dengan tampilan *map*. Halaman *map* menampilkan nilai dari setiap objek yang ditampilkan, SWMM menampilkan hasil tersebut dalam rentang nilai yang ditandai dengan warna untuk setiap rentangnya. Berikut adalah hasil evaluasi dengan tampilan *map* yang menampilkan nilai flooding pada node, dan depth pada conduit, ditunjukkan pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Hasil Simulasi Menggunakan Map  
*Sumber: Hasil analisis, 2022*

Cara kedua adalah dengan tampilan profil aliran (profile plot). Tampilan ini menunjukkan perubahan kedalaman aliran dalam potongan memanjang saluran. Hasil simulasi tampilan profil aliran dibagi menjadi beberapa bagian agar hasil terlihat lebih jelas, ditunjukkan pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Hasil Simulasi Menggunakan Profile Plot 50 Tahun  
*Sumber: Hasil analisis, 2022*

**Perhitungan Debit SWMM**

Contoh perhitungan debit SWMM pada junction 29. Dengan luas penampang basah pada junction 29 (Transect RS-554) senilai 2,785 m<sup>2</sup>. Maka debit aliran dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Q_{25} = A \times V$$

$$Q_{25} = 2,785 \times 1,26 = 3,5091m^3/s$$

Begitu pula untuk kala ulang 50 tahun, kecepatan di junction 29 senilai 1,26 m/s, dan luas penampang basah pada junction 29 (Transect RS-554) senilai 2,785 m<sup>2</sup>. Maka debit aliran dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Q_{50} = A \times V$$

$$Q_{50} = 2,785 \times 1,26 = 3,5091m^3/s$$

Rekapitulasi debit kala ulang 25 dan 50 tahun dapat ditunjukkan pada Tabel 4.31 Rekapitulasi Debit SWMM Kala Ulang 25 Tahun dan Tabel 4.32 Rekapitulasi Debit SWMM Kala Ulang 50 Tahun.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Debit SWMM Kala Ulang 25 Tahun

Junction	STA	Transect	Luas Penampang Basah	Kecepatan	Debit
J1	0	RS-0	4,3938	1,57	6,90
J2	20	RS-1	1,62925	0,91	1,48
J3	32	RS-1	1,62925	0,57	0,92
J4	52	RS-1	1,62925	1,22	1,99
J5	72	RS-1	1,62925	0,65	1,06
J6	92	RS-1	1,62925	1,11	1,81

Junction	STA	Transect	Luas Penampang Basah	Kecepatan	Debit
J7	112	RS-2	1,6371	0,74	1,21
J8	132	RS-2	1,6371	0,79	1,29
J9	152	RS-2	1,6371	0,43	0,70
J10	172	RS-3	1,6871	0,57	0,96
J11	192	RS-3	1,6871	0,66	1,11
J12	212	RS-3	1,6871	1,01	1,70
J13	232	RS-3	1,6871	0,98	1,65
J14	252	RS-3	1,6871	0,57	0,96
J15	272	RS-4	4,0786	0,87	3,55
J16	292	RS-4	4,0786	0,94	3,83
J17	312	RS-4	4,0786	0,41	1,67
J18	332	RS-4	4,0786	0,67	2,73
J19	352	RS-4	4,0786	0,48	1,96
J20	374	RS-5	2,79	0,6	1,67
J21	394	RS-5	2,79	0,38	1,06
J22	414	RS-5	2,79	0,43	1,20
J23	434	RS-5	2,79	0,41	1,14
J24	454	RS-6	3	0,5	1,50
J25	474	RS-6	3	0,83	2,49
J26	494	RS-6	3	0,24	0,72
J27	514	RS-6	3	0,46	1,38
J28	534	RS-6	3	0,47	1,41
J29	554	RS-6	3	1,26	3,78

*Sumber: Hasil Analisa, 2022*

**Tabel 9.** Rekapitulasi Debit SWMM Kala Ulang 50 Tahun

Junction	STA	Transect	Luas Penampang Basah	Kecepatan	Debit
J1	0	RS-0	4,3938	1,57	6,90
J2	20	RS-1	1,62925	0,91	1,48
J3	32	RS-1	1,62925	0,57	0,93
J4	52	RS-1	1,62925	1,22	1,99
J5	72	RS-1	1,62925	0,65	1,06
J6	92	RS-1	1,62925	1,11	1,81
J7	112	RS-2	1,6371	0,74	1,21
J8	132	RS-2	1,6371	0,79	1,29
J9	152	RS-2	1,6371	0,43	0,70
J10	172	RS-3	1,6871	0,57	0,96
J11	192	RS-3	1,6871	0,66	1,11
J12	212	RS-3	1,6871	1,01	1,70
J13	232	RS-3	1,6871	0,98	1,65
J14	252	RS-3	1,6871	0,57	0,96
J15	272	RS-4	4,0786	0,87	3,55
J16	292	RS-4	4,0786	0,94	3,83
J17	312	RS-4	4,0786	0,41	1,67
J18	332	RS-4	4,0786	0,67	2,73
J19	352	RS-4	4,0786	0,48	1,95
J20	374	RS-5	2,79	0,6	1,67
J21	394	RS-5	2,79	0,38	1,06
J22	414	RS-5	2,79	0,43	1,20
J23	434	RS-5	2,79	0,41	1,14



Junction	STA	Transect	Luas Penampang Basah	Kecepatan	Debit
J24	454	RS-6	3	0,5	1,50
J25	474	RS-6	3	0,83	2,49
J26	494	RS-6	3	0,24	0,72
J27	514	RS-6	3	0,46	1,38
J28	534	RS-6	3	0,47	1,41
J29	554	RS-6	3	1,26	3,78

Sumber: Hasil Analisa, 2022

### Perbandingan Debit

Berdasarkan hasil perhitungan-perhitungan di atas, maka debit teoritis dan debit SWMM untuk tiga *junction* terakhir mendekati jembatan di tampilkan pada Tabel 10 Rekapitulasi Debit Kala Ulang 25 Tahun dan Tabel 11 Rekapitulasi Debit Kala Ulang 50 Tahun.

**Tabel 10.** Rekapitulasi Debit Kala Ulang 25 Tahun

Junction	Debit Saluran	Debit Teoritis	Debit SWMM	Keterangan
1	0,75	4,4690	6,8983	Meluap
5	0,75	8,4870	1,0590	Meluap
6	0,75	5,3751	1,8085	Meluap
10	0,75	1,6400	0,9616	Meluap
12	0,75	5,3403	1,7040	Meluap
13	0,75	6,6420	1,6534	Meluap
15	0,75	6,5559	3,5484	Meluap
16	0,75	5,2275	3,8339	Meluap
22	0,75	4,7970	1,1997	Meluap
23	0,75	5,2685	1,1439	Meluap
24	0,75	1,8122	1,5000	Meluap
25	0,75	1,7983	2,4900	Meluap
26	0,75	4,8175	0,7200	Meluap
27	0,75	1,7355	1,3800	Meluap
28	0,75	1,7878	1,4100	Meluap
29	0,75	7,5625	3,7800	Meluap

Sumber: Hasil Analisa, 2022

**Tabel 11.** Rekapitulasi Debit Kala Ulang 50 Tahun

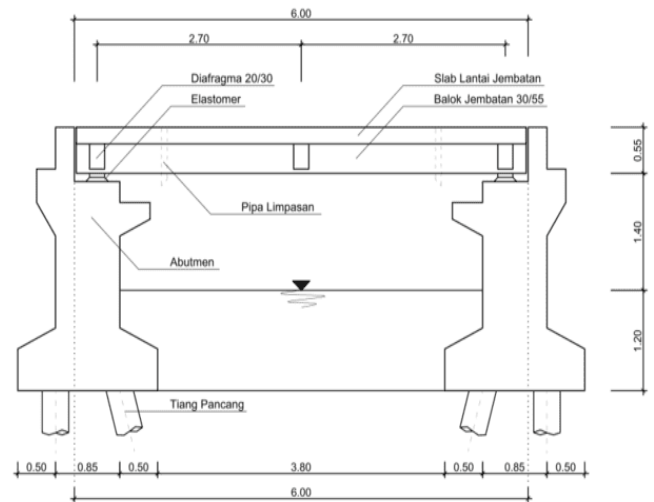
Junction	Debit Saluran	Debit Teoritis	Debit SWMM	Keterangan
1	0,75	5,0140	6,8983	Meluap
5	0,75	9,5220	1,0590	Meluap
6	0,75	6,0306	1,8085	Meluap
10	0,75	1,8400	0,9616	Meluap
12	0,75	5,9915	1,7040	Meluap
13	0,75	7,4520	1,6534	Meluap
15	0,75	7,3554	3,5484	Meluap
16	0,75	5,8650	3,8339	Meluap
22	0,75	5,3820	1,1997	Meluap
23	0,75	5,9110	1,1439	Meluap

Junction	Debit Saluran	Debit Teoritis	Debit SWMM	Keterangan
24	0,75	2,0332	1,5000	Meluap
25	0,75	2,0176	2,4900	Meluap
26	0,75	5,4050	0,7200	Meluap
27	0,75	1,9472	1,3800	Meluap
28	0,75	2,0058	1,4100	Meluap
29	0,75	8,4847	3,7800	Meluap

Sumber: Hasil Analisa, 2022

### Rehabilitasi Jembatan

Timbulnya masalah banjir yang terjadi di kawasan jembatan Kalibondo-Chanachol menjadi evaluasi untuk penyusun, disebabkan karena umur jembatan yang sudah saatnya untuk direhabilitasi. Penyusun melakukan evaluasi jembatan tersebut dengan membuat desain jembatan baru untuk waktu kala ulang 50 tahun. Yang membedakan adalah dengan ditingkatkan tinggi jagaan atau tinggi muka air yang awalnya hanya 80 cm dinaikkan menjadi 140 cm. Berikut desain jembatan baru untuk kala ulang 50 tahun



**Gambar 8.** Tampang Melintang Jembatan kala ulang 50 tahun

### Biaya

Biaya evaluasi pengukuran lapangan merupakan estimasi rincian biaya yang digunakan untuk tahap awal pekerjaan suatu proyek pada saat survei lapangan dan pangumpulan data. Rekapitulasi estimasi biaya survei jembatan ditunjukkan pada tabel 12. Rekapitulasi Biaya

**Tabel 12.** Rekapitulasi Biaya

No	Jenis Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)

I						
Honorarium						
	1	Koordinator Survey	2	org/hari	750,000.00	1,500,000.00
	2	Tenaga Ahli Hidrologi	2	org/hari	750,000.00	1,500,000.00
	3	Tenaga Lokal	8	org/hari	100,000.00	800,000.00
						3,800,000.00
II						
Sewa Peralatan						
	1	Theodolite	2	unit/hari	75,000.00	150,000.00
	2	Current Meter	1	unit/hari	75,000.00	75,000.00
						225,000.00
Jumlah Total (I+II)						4,025,000.00

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu Evaluasi Tinggi muka air jembatan Kalibondo-Chanachol, Dusun Gending Sari Desa Kalinegoro Kecamatan Mertoyudan terhadap banjir kala ulang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit saluran sungai Gending pada saat penelitian sebesar 0,75 m<sup>3</sup>/detik
2. Debit teoritis sungai gending pada kala ulang 25 tahun untuk J27 sebesar 1,7355 m<sup>3</sup>/detik, J28 sebesar 1,7878 m<sup>3</sup>/detik, dan J29 sebesar 7,5625 m<sup>3</sup>/detik. Dan untuk kala ulang pada 50 tahun untuk J27 sebesar 1,9472 m<sup>3</sup>/detik, J28 sebesar 2,0058 m<sup>3</sup>/detik, dan J29 sebesar 8,4847 m<sup>3</sup>/detik
3. Debit SWMM sungai gending pada kala ulang 25 tahun untuk J27 sebesar 1,3800 m<sup>3</sup>/detik, J28 sebesar 1,4100 m<sup>3</sup>/detik, dan J29 sebesar 3,7800 m<sup>3</sup>/detik. Dan untuk kala ulang pada 50 tahun untuk J27 sebesar 1,3800 m<sup>3</sup>/detik, J28 sebesar 1,4100 m<sup>3</sup>/detik, dan J29 sebesar 3,7800 m<sup>3</sup>/detik.
4. Dari rehabilitasi jembatan kalibondo-chanachol dengan tinggi awal sebesar 80 cm dinaikkan menjadi 140 cm dari tinggi muka air sungai gending

**Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu Evaluasi Tinggi muka air jembatan Kalibondo-Chanachol, Dusun Gending Sari Desa Kalinegoro, Kecamatan Mertoyudan terhadap banjir kala ulang, maka saran yang dapat peneliti berikan sebagai berikut:

1. Perlunya perencanaan jembatan baru pada jembatan kalibondo-chanachol untuk kala ulang 25 dan 50 tahun.
2. Perlunya pengawasan atau *controlling* dari instansi terkait terhadap sungai gending.
3. Perlunya pembangunan bangunan air untuk pemanfaatan terhadap masyarakat terdekat.

4. Penelitian dapat dilanjutkan dengan lebih mendetailkan pengaruh-pengaruh banjir lain seperti limpasan dan subcatchment.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdulhalim., D., F., dkk, 2018, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250 M Sebelah Hulu Bendung Talawaan, Manado, 6(5), 269-276.

Ariwibowo., M., L & Irawadi, 2018, Penginderaan Jauh, SIG, EPA-SWMM Untuk Simulasi Banjir dan Prioritas Penanganan Sungai Sub-DAS Banjaran Purwokerto, Surakarta, 467-477.

Darmawan., K., dkk, 2017, Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis, Semarang, 6(1), 31-40.

Fransiska., Y., dkk, 2020, Simulasi Dengan Program EPA SWMM Versi 5.1 Untuk Mengendalikan Banjir pada Jaringan Drainase Kawasan Jati, Jambi, 5(1), 38-48.

Harijadi, 2015, Analisis Banjir Way Besai dengan Model Matematis Unsteady Flow Menggunakan Software HEC – RAS, Lampung, 19(1), 13-28.

Jannah., W & Itratip, 2017, Analisa Penyebab Banjir dan Normalisasi Sungai Unus Kota Mataram, 3(1), 242-249.

Kamase., M., dkk, 2017, Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat, Manado, 5(4), 175-185.

Kapantow., B., dkk, Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki di Kawasan Holland Village, Manado, 2017, 5(1),21-29.

Lestari., U., S, 2016, Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (ALABIO), Banjarmasin, 8(2), 55-103.

Makal., A., P., dkk, 2020, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara, Manado, 8(3), 283-292.

Mamuaya., F., L., dkk, 2019, Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir, Manado, 7(2), 179-188.

Mulyono., D, 2014, Analisis Karakteristik Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Garut Selatan, Garut, 13(1), 1-9.

Oroh., F., dkk, 2019, Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Tondano di Jembatan Ringroad, Manado, 7(9), 1156-1168.

Rahmaleta., D, 2020, Evaluasi Saluran Irigasi Kali Manggis Terhadap Kapasitas Talang Air dengan Menggunakan Program HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus: Talang Air Irigasi Kali Manggis Kalijoso, Secang, Magelang), Magelang, [Skripsi].

Relaga., E., D., 2020, Studi Evaluasi Saluran Drainase di Dusun Banyak Kecamatan



- Mertoyudan Kabupaten Magelang, Magelang, [Skripsi]
- Rivaldy., D., R., dkk, 2018, Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Tugurara Kota Ternate Terhadap Debit Banjir, Manado, 6(6), 397-410.
- Sahusilawane., G., dkk, 2019, Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir di Sungai Lobong, Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Manado, 7(5), 537-546.
- Siwi., A., C., dkk, 2018, Analisis Kapasitas Sungai Makalu Kabupaten Minahasa Tenggara Terhadap Debit Banjir Kala Ulang Tertentu, Manado, 6(4), 199-210.
- Suadnya., D., P., dkk, 2017, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland, Manado 5(3), 143-150.
- Sundalangi., A., D., dkk, 2020, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Warat di Desa Warukapas Kecamatan Dimembe Kabupaten Minahasa Utara, Manado, 8(3), 395-402.
- Syuhada., R., A., dkk, 2016, Analisa Debit Banjir Menggunakan EPA Storm Water Management Model (SWMM) di Sub DAS Kampar Kiri (Studi Kasus: Desa Lipat Kain, Kampar Kiri), Manado, 3(2), 1-8.
- Talumepa., M., Y., dkk, 2017, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Manado, 5(10), 699-710.
- Tulandi., A., F., dkk, 2019, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing di Kelurahan Malendeng Kota Manado, Manado, 7(12), 1681-1