

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR BANJIR SUNGAI SARIO DI TITIK KAWASAN CITRALAND

Dewi Parwati Suadnya

Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: dewisuadnya@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Sario adalah salah satu sungai di kota Manado, Sulawesi Utara, bermuara di Teluk Manado, memiliki panjang kurang lebih 15 km, dan merupakan salah satu sungai yang rawan terhadap banjir. Sungai ini melintasi kawasan perumahan Citraland dan pernah terjadi banjir di kawasan perumahan ini akibat luapan air sungai Sario.

Analisis curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan metode Log Pearson III. Untuk menghitung debit banjir sungai Sario di titik kawasan Citraland ini digunakan data curah hujan di stasiun Winangun dan stasiun Tinoor dengan periode pencatatan tahun 1996 s/d 2015. Untuk perhitungan debit banjir menggunakan program HEC-HMS dan untuk perhitungan tinggi muka air menggunakan program HEC-RAS.

Dari hasil analisis, debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang menggunakan program HEC-HMS memberikan hasil yang beragam. Dan untuk hasil tinggi muka air yang menggunakan program HEC-RAS pada kala ulang 5 tahun tidak ada air yang meluap di setiap titik, kala ulang 10 tahun air yang meluap pada titik P72, P73, dan P74, kala ulang 50 tahun dan 100 tahun air yang meluap pada titik P72, P73, P74, P75, P76, dan P77.

Kata Kunci : Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan bencana alam yang seringkali terjadi di musim penghujan yang merebak di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Banjir adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan debit air sungai sehingga meluap dan menggenangi daerah sekitarnya. Adapun jumlah kejadian banjir dalam musim hujan selama beberapa tahun terakhir ini terus meningkat, dan menyebabkan berbagai kerugian bagi masyarakat yang terkena bencana ini.

Sungai Sario adalah salah satu sungai di kota Manado, Sulawesi Utara, bermuara di Teluk Manado, memiliki panjang kurang lebih 15 km, dan merupakan salah satu sungai yang rawan terhadap banjir. Beberapa kali terjadi banjir di sungai ini dan yang paling parah terjadi pada awal tahun 2014 dimana terjadi banjir bandang dan telah menyebabkan kerugian yang cukup besar bagi masyarakat yang tinggal di sekitar sungai Sario. Kawasan perumahan Citraland merupakan salah satu daerah yang dilewati sungai Sario yang juga pada saat itu tidak luput dari luapan air sungai Sario, sehingga

menyebabkan beberapa rumah di kawasan perumahan ini terendam banjir. Sebelumnya juga sudah beberapa kali terjadi banjir di kawasan ini. Kejadian banjir yang sering terjadi di kawasan perumahan Citraland pada saat musim penghujan tentunya telah meresahkan masyarakat khususnya yang tinggal di kawasan perumahan tersebut.

Dari permasalahan yang terjadi, untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Perencanaan pengendalian banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui. Oleh karena itu, diperlukan analisis hidrologi untuk kajian terhadap debit banjir rencana di wilayah DAS tersebut serta perlu analisis kapasitas penampang sungai Sario di titik kawasan Citraland dimana analisis hidrolika sungai ini dimaksudkan untuk menganalisis profil muka air banjir di sungai dengan berbagai kala ulang dari debit banjir rencana.

Sebagai tindak lanjut dari hal di atas maka dibuat suatu Karya Penelitian dengan judul: **“Analisis debit banjir dan tinggi muka air banjir Sungai Sario di titik kawasan Citraland”**.

Rumusan Masalah

Kejadian banjir yang sering terjadi pada sungai Sario di titik kawasan Citraland membutuhkan adanya perencanaan pengendalian banjir. Untuk kebutuhan perencanaan pengendalian banjir, perlu dilakukan analisis debit banjir rencana dan tinggi muka air banjir sungai Sario di titik kawasan Citraland.

Pembatasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini, masalah dibatasi pada:

1. Titik kontrol DAS di kawasan perumahan Citraland.
2. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum selama 20 tahun.
3. Kala ulang rencana pada 5, 10, 50, 100 tahun.
4. Metode yang digunakan: untuk analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana, sedangkan untuk analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air banjir.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan besaran debit banjir dan tinggi muka air banjir dengan berbagai kala ulang.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi kepada pihak yang memerlukan sebagai referensi untuk penelitian lanjut.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Identifikasi masalah
Mengidentifikasi masalah-masalah yang terjadi pada daerah penelitian.
2. Studi literatur
Studi literatur dilakukan untuk mendapat pengetahuan dan landasan teori yang akan digunakan dalam penulisan skripsi ini.
3. Pengumpulan data
Untuk mengetahui kondisi umum di lapangan serta mengidentifikasi masalah yang terjadi. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Analisis dan pembahasan terhadap data yang diperoleh.
5. Membuat kesimpulan dan saran.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi.

Daerah Aliran Sungai

Sri Harto mengemukakan Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu.

Parameter Statistik

Analisis parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: *central tendency*, standar deviasi, koefisien variasi, kemencengan (*skewness*) dan koefisien puncak.

a. Pengukuran *Central Tendency*

Pengukuran *central tendency* adalah pengukuran yang mencari nilai rata-rata kumpulan variabel (*mean*).

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi \dots\dots\dots(1)$$

Untuk perhitungan nilai Log maka persamaan di atas harus diubah dahulu ke dalam bentuk logaritmik.

$$\text{Log } X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi \dots\dots\dots(2)$$

b. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi-x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(4)$$

c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi.

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (xi - x)^3 \dots\dots\dots(5)$$

$$Cs_{\log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^3 \dots\dots\dots(6)$$

d. Koefisien variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitungan suatu distribusi.

$$Cv = \frac{S}{X} \dots\dots\dots(7)$$

e. Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n (xi - x)^4 \dots\dots\dots(8)$$

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing distribusi.

Tabel 1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

Jenis Sebaran	Persyaratan
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck \approx 3$
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \approx 1,14$
	$Ck \approx 5,4$
Log Pearson Type III	Selain dari nilai diatas
	Selain dari nilai diatas

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008

Distribusi Frekuensi

Jenis-jenis distribusi frekuensi yang ada antara lain sebagai berikut :

a. Distribusi Normal

$$\overline{X}_{TR} = X + K_T \times S \dots\dots\dots(9)$$

b. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } \overline{X}_{TR} = \log x + K_T \times S_{\log} \dots\dots\dots(10)$$

c. Distribusi Log Pearson III

$$\text{Log } \overline{X}_{TR} = \log x + K_T \times S_{\log} \dots\dots\dots(11)$$

d. Distribusi Probabilitas Gumbel

$$\overline{X}_{TR} = X + S \times K \dots\dots\dots(12)$$

Analisis Hidrologi

Dalam analisis hidrologi yang dihitung adalah debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit banjir maksimum dari suatu sungai atau saluran yang besarnya didasarkan pada periode ulang tertentu. Debit banjir rencana, dijadikan dasar dalam merencanakan suatu bangunan hidrolis dengan tujuan agar bangunan yang direncanakan mampu menerima jumlah banjir yang kemungkinan terjadi pada periode ulang yang direncanakan. Dalam menganalisis debit banjir rencana akan digunakan program/software HEC-HMS.

Hidrograf satuan

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran langsung (*direct runoff*) hasil dari hujan efektif yang terjadi secara merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan (Sri Harto, 1993).

Hidrograf Satuan Sintetik

Konsep hidrograf satuan sintetik digunakan untuk mensintesiskan hidrograf dari DAS yang tidak terukur. Hidrograf satuan sintetik ditentukan apabila pada suatu DAS yang ditinjau tidak ada pencatatan tinggi muka air. Chow, dkk. (1998) menyebutkan terdapat tiga tipe hidrograf satuan sintetik, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hubungan karakteristik hidrograf satuan (puncak dan waktu puncak) dengan karakteristik DAS, contohnya hidrograf satuan Snyder.
2. Berdasarkan hidrograf satuan yang tidak berdimensi, contohnya hidrograf satuan SCS.
3. Berdasarkan metode perhitungan simpanan DAS, contohnya hidrograf satuan Clark dan pemodelan modifikasi Clark's (ModClark).

Program Komputer HEC-HMS

HEC-HMS adalah *software* yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineer*. *Software* ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah watershed. HEC-HMS mengangkat teori klasik hidrograf satuan untuk digunakan dalam permodelannya, antara lain hidrograf satuan sintetik Snyder, Clark, SCS, ataupun kita dapat mengembangkan hidrograf satuan lain dengan menggunakan fasilitas *user define hydrograph (US Army corps of engineering, 2001)*.

Analisis Hidrolika

Dalam analisis hidrolika, dihitung profil muka air dengan menggunakan beberapa data dari analisis hidrologi untuk mendapatkan profil muka air. Di dalam analisis ini juga digunakan program/*software* HEC-RAS.

Program Komputer HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai. Sistem *HEC-RAS* pada akhirnya akan memuat tiga komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk:

- (1) Perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*),
- (2) Simulasi aliran tidak seragam,
- (3) Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan.

Ketiga komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Sario mengalir dari kawasan gunung Mahawu dan bermuara di teluk Manado. Dilihat dari wilayah administrasinya, sungai ini hulunya terletak di kota Tomohon, sementara hilirnya berada di kota Manado. Sungai ini melintasi kawasan perumahan Citraland, dimana lokasi sungai ini berada ditengah-tengah lokasi pemukiman tersebut. Lokasi sungai cukup dekat dengan rumah-rumah yang ada disekitarnya. Apabila terjadi banjir di kawasan ini, maka akan menimbulkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal disekitar lokasi sungai tersebut.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan studi kasus yang dilakukan dengan pengumpulan data dari lembaga-lembaga atau instansi-instansi, kemudian dilakukan analisis data berdasarkan metode-metode yang tersedia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kualitas Data

Data yang digunakan dalam analisis ini yaitu data curah hujan harian maksimum dengan periode pencatatan tahun 1996 sampai dengan tahun 2015. Stasiun pengamatan yang digunakan adalah stasiun yang berada di sekitar DAS Sario, yaitu Stasiun Winangun dan Stasiun Tinoor.

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	
		Sta. Winangun	Sta. Tinoor
1	1996	111	41.6
2	1997	88	67.2
3	1998	59	41.6
4	1999	119	56
5	2000	163	70.3
6	2001	60	78.2
7	2002	171	43
8	2003	105	12.3
9	2004	135.5	14
10	2005	124	36.3
11	2006	176.6	75.6
12	2007	162.3	75.02
13	2008	124.8	74.1
14	2009	137.3	65.4
15	2010	143	101.7
16	2011	155.9	102.4
17	2012	93.6	96.8
18	2013	186.6	110.5
19	2014	140	184
20	2015	139	108.2

Sumber : BMKG Kayuwatu dan BWSS 1

Uji Data Outlier

Syarat untuk pengujian data outlier berdasarkan koefisien skewness (*Cslog*).

- Bila $Cs \log > 0,4$, maka : uji data outlier tinggi, koreksi data, uji data outlier rendah, koreksi data.
- Bila $Cs \log < -0,4$, maka : uji data outlier rendah, koreksi data, uji data outlier tinggi, koreksi data.
- Jika $-0,4 < Cs \log < 0,4$, maka : uji data outlier tinggi dan rendah, koreksi data.

Uji *outlier* tinggi rendah menggunakan persamaan berikut ini:

Uji *outlier* tinggi

$$\log \bar{X}_h = \log X + K_n.Slog.....(13)$$

Uji *outlier* rendah

$$\log \bar{X}_l = \log X - K_n.Slog.....(14)$$

Setelah dilakukan uji outlier, didapatkan curah hujan maksimum sebagai berikut:

Tabel 3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Setelah Uji Outlier

No.	Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum(mm)	
		Sta. Winangun	Sta. Tinoor
1	1996	111	41,6
2	1997	88	67,2
3	1998	59	41,6
4	1999	119	56
5	2000	163	70,3
6	2001	60	78,2
7	2002	171	43
8	2003	105	12,716
9	2004	135,5	14
10	2005	124	36,3
11	2006	176,6	75,6
12	2007	162,3	75,02
13	2008	124,8	74,1
14	2009	137,3	65,4
15	2010	143	101,7
16	2011	155,9	102,4
17	2012	93,6	96,8
18	2013	186,6	110,5
19	2014	140	184
20	2015	139	108,2

Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran, digunakan cara Poligon Thiessen. Curah hujan rata-rata dengan cara polygon Thiessen dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (15)$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapat curah hujan rata-rata di DAS yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Curah Hujan Rata-rata dengan Cara Poligon Thiessen

No.	Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)		Curah Hujan Rata-rata (mm)
		Sta. Winangun	Sta. Tinoor	
1	1996	111	41.6	53.586
2	1997	88	67.2	70.792
3	1998	59	41.6	44.605
4	1999	119	56	66.881
5	2000	163	70.3	86.311
6	2001	60	78.2	75.057
7	2002	171	43	65.108
8	2003	105	12.716	28.655
9	2004	135.5	14	34.985
10	2005	124	36.3	51.447
11	2006	176.6	75.6	93.044
12	2007	162.3	75.02	90.095
13	2008	124.8	74.1	82.857
14	2009	137.3	65.4	77.818
15	2010	143	101.7	108.833
16	2011	155.9	102.4	111.640
17	2012	93.6	96.8	96.247
18	2013	186.6	110.5	123.644
19	2014	140	184	176.401
20	2015	139	108.2	113.520

Rata-rata hitung (central tendency)

$$\begin{aligned} \text{Log } X &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log xi \\ &= \frac{37,586}{20} \\ &= 1,879 \end{aligned}$$

Simpangan baku (standar deviasi)

$$\begin{aligned} \text{Slog} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,6961}{20-1}} = 0,191 \end{aligned}$$

Koefisien kemencengan(skewness)

$$\begin{aligned} C_{\text{Slog}} &= \frac{n}{(n-1)(n-2)\text{Slog}^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^3 \\ &= \frac{20 \times -0,0579}{(20-1) \times (20-2) \times 0,191^3} = -0,483 \end{aligned}$$

Koefisien variasi

$$\begin{aligned} C_{V\log} &= \frac{\text{Slog}}{\log x} \\ &= \frac{0,191}{1,879} = 0,102 \end{aligned}$$

Koefisien kurtosis

$$\begin{aligned} C_{k\log} &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\text{Slog}^4} \sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^4 \\ &= \frac{20^2 \times 0,071362}{(20-1) \times (20-2) \times (20-3) \times 0,191^4} = 3,689 \end{aligned}$$

Tabel 5. Tinjauan Kesesuaian Tipe Distribusi berdasarkan Parameter Statistik

Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
Normal	Cs = 0	Cs = 0,839	Tidak memenuhi
	Ck ≈ 3	Ck = 4,887	
Log Normal	Cs = Cv ² + 3 Cv = 0,307	Cs = -0,483	Tidak memenuhi
	Ck = Cv ³ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 3,168	Ck = 3,689	
Gumbel	Cs ≈ 1,14	Cs = 0,839	Tidak memenuhi
	Ck ≈ 5,4	Ck = 4,887	

Karena dari hasil perhitungan Cs dan Ck tidak memenuhi persyaratan maka digunakan jenis sebaran Log Pearson III.

Tabel 6. Curah Rencana Menggunakan Log Pearson III

Periode Ulang (T)	1/Tr(%)	Cs	Kt	Slog	Log X	Log Xtr	Hujan (mm)
5	20	-0.483	0.85583	0.191	1.879	2.042464	110.2716
10	10	-0.483	1.21855	0.191	1.879	2.111743	129.3430
50	2	-0.483	1.78669	0.191	1.879	2.220258	166.0572
100	1	-0.483	1.96758	0.191	1.879	2.254808	179.8075

Kalibrasi menggunakan HEC-HMS

Dengan perhitungan kalibrasi menggunakan program HEC-HMS dengan langkah-langkah pada program, maka didapatkan hasil kalibrasi

yang dihitung dengan program HEC-HMS dengan data terukur di lapangan didapatkan:

Loss Method

Curve Number : 49

Impervious : 0 %

Transform Method

Lag Time(MIN) : 60

Baseflow

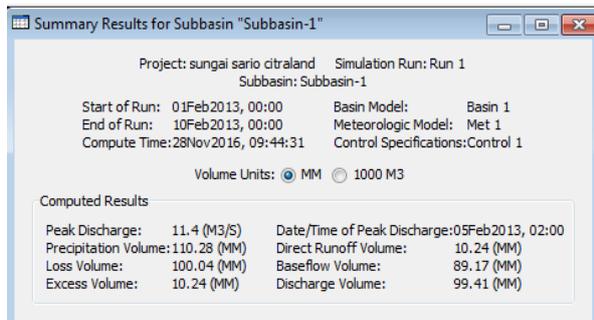
Initial Discharge (m³/s) : 2,5

Recession Constant : 0,87767

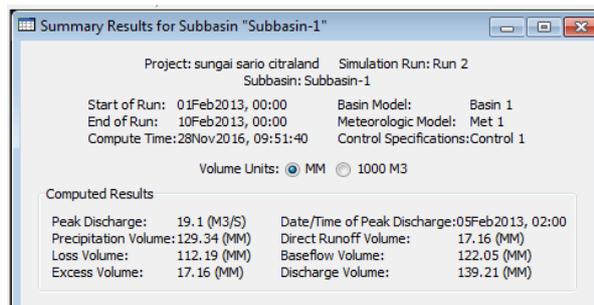
Ratio : 0.25

Simulasi HEC-HMS

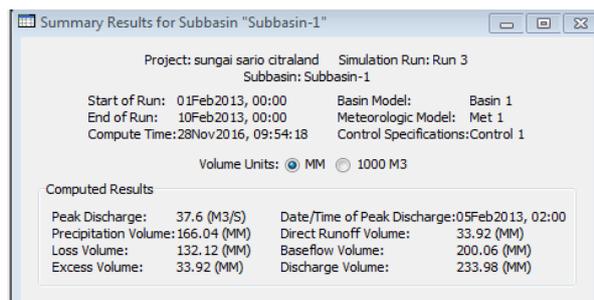
Nilai-nilai di atas yang sudah dikalibrasi akan digunakan selanjutnya untuk mendapatkan data debit banjir dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Berikut ini hasil simulasi HEC-HMS untuk hujan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.



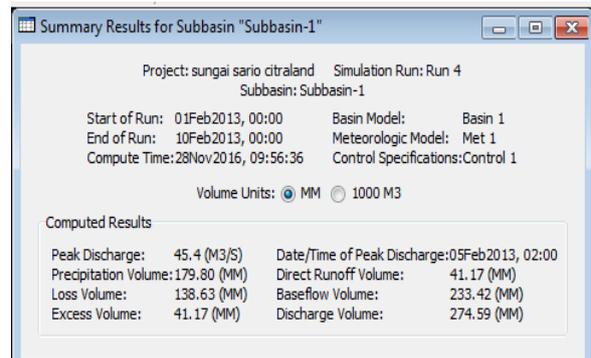
Gambar 2. Hasil simulasi Hec-Hms untuk hujan kala ulang 5 tahun



Gambar 3. Hasil simulasi Hec-Hms untuk hujan kala ulang 10 tahun



Gambar 4. Hasil simulasi Hec-Hms untuk hujan kala ulang 50 tahun



Gambar 5. Hasil simulasi Hec-Hms untuk hujan kala ulang 100 tahun

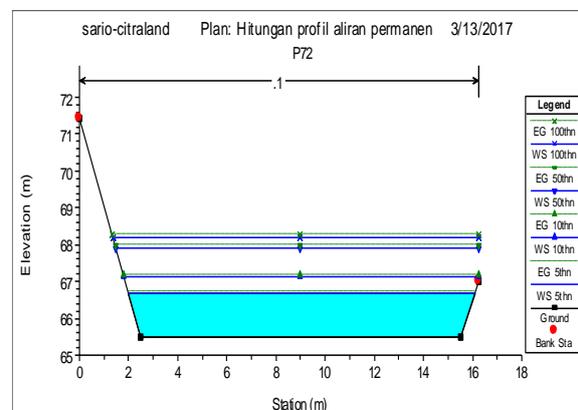
Perhitungan dan pembacaan dari data-data dasar yang diperlukan program sudah selesai. Diketahui bahwa debit masuk yang mengalir pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Nilai Debit pada Kala Ulang Tertentu

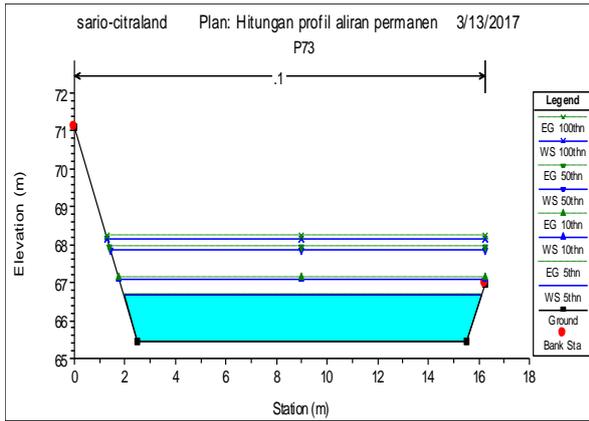
Tr (tahun)	Debit (m ³ /s)
5	11,4
10	19,1
50	37,6
100	45,4

Simulasi HEC-RAS

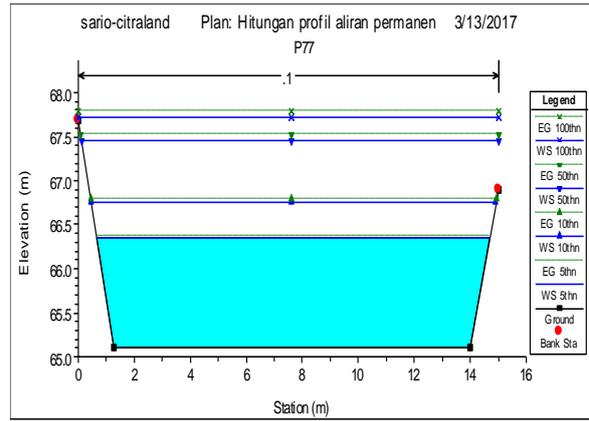
Data debit di atas akan dimasukkan ke dalam program HEC-RAS untuk mendapatkan hasil tinggi muka air banjir sungai Sario titik kawasan Citraland. Data debit tersebut akan dimasukkan ke dalam program pada jendela masukan data aliran langgeng. Berikut ini merupakan hasil dari simulasi program HEC-RAS yaitu profil melintang sungai di setiap titik.



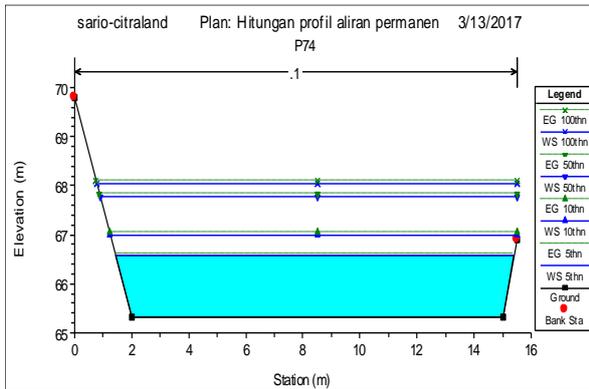
Gambar 6. Profil Melintang di titik P72



Gambar 7. Profil Melintang di titik P73



Gambar 11. Profil Melintang di titik P77

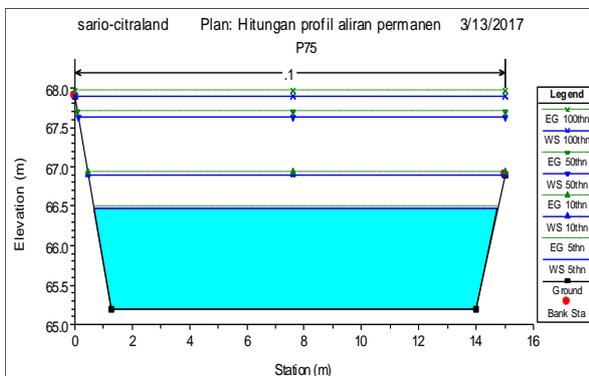


Gambar 8. Profil Melintang di titik P74

Tabel 8. Rekapitulasi tinggi muka air pada sungai(Q5)

Titik	Elevasi Muka Air	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan
P72	66.69	71.43	67.01
P73	66.67	71.08	66.98
P74	66.58	69.8	66.91
P75	66.48	67.89	66.9
P76	66.42	67.83	66.92
P77	66.35	67.69	66.9

Dari hasil perhitungan melalui program, pada kala ulang 5 tahun tidak ada air yang meluap di setiap titik.

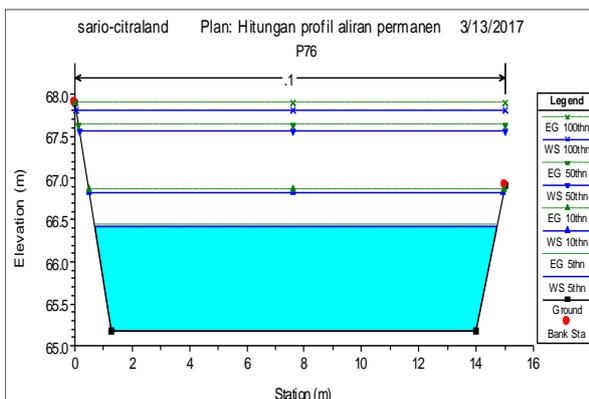


Gambar 9. Profil Melintang di titik P75

Tabel 9. Rekapitulasi tinggi muka air pada sungai(Q10)

Titik	Elevasi Muka Air	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan
P72	67.13	71.43	67.01
P73	67.1	71.08	66.98
P74	67	69.8	66.91
P75	66.89	67.89	66.9
P76	66.83	67.83	66.92
P77	66.75	67.69	66.9

Dari hasil perhitungan melalui program, pada kala ulang 10 tahun air yang meluap pada titik P72, P73, dan P74.



Gambar 10. Profil Melintang di titik P76

Tabel 10. Rekapitulasi tinggi muka air pada sungai(Q50)

Titik	Elevasi Muka Air	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan
P72	67.91	71.43	67.01
P73	67.88	71.08	66.98
P74	67.77	69.8	66.91
P75	67.64	67.89	66.9
P76	67.56	67.83	66.92
P77	67.46	67.69	66.9

Dari hasil perhitungan melalui program, pada kala ulang 50 tahun air yang meluap di titik P72, P73, P74, P75, P76, dan P77.

Tabel 11. Rekapitulasi tinggi muka air pada sungai(Q100)

Titik	Elevasi Muka Air	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan
P72	68.19	71.43	67.01
P73	68.16	71.08	66.98
P74	68.04	69.8	66.91
P75	67.9	67.89	66.9
P76	67.81	67.83	66.92
P77	67.71	67.69	66.9

Dari hasil perhitungan melalui program, pada kala ulang 100 tahun air yang meluap di titik P72, P73, P74, P75, P76, dan P77.

- debit banjir rencana pada kala ulang 5 tahun sebesar 11,4 m³/s tidak terjadi luapan air,
- debit banjir rencana kala ulang 10 tahun sebesar 19,1 m³/s, air yang meluap pada sisi kanan titik P72, P73, dan P74,
- debit banjir rencana pada kala ulang 50 tahun sebesar 37,6 m³/s, air yang meluap pada sisi kanan titik P72, P73, P74, P75, P76, dan P77,
- debit banjir rencana pada kala ulang 100 tahun sebesar 45,4 m³/s, air yang meluap pada sisi kanan titik P72, P73, P74, P76, dan pada titik P75, P77 air meluap pada kedua sisi sungai.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Hujan rencana dengan kala ulang 5 tahun adalah 110,2716 mm/jam, kala ulang 10 tahun adalah 129,3430 mm/jam, kala ulang 50 tahun adalah 166,0572 mm/jam, kala ulang 100 tahun adalah 179,8075 mm/jam.
2. Model yang digunakan adalah HEC-HMS 4.0 dan HEC-RAS 4.1.0, diperoleh hasil sebagai berikut:

Saran

1. Perlu adanya pembangunan tanggul dengan tinggi yang sesuai untuk menanggulangi banjir pada sungai.
2. Perlu dilakukan perawatan rutin pada sungai seperti pembersihan rumput dan pengerukan dasar saluran karena hal tersebut dapat mempengaruhi kapasitas tampungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset. Yogyakarta.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*.
- Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ven Te Chow, 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.
- Ven Te Chow, David Maidment, Larry Mays, 1988. *Applied Hidrology*. Mc Graw-Hill Book Company, Singapore.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 River Analysis System*. U.S. Army Corps of Engineers. USA.
- _____. 2013. *HEC-HMS 4.0 Hydrologic Modelling System Quick Start Guide*. U.S. Army Corps of Engineers. USA.
- _____. *Data Debit Aliran Sungai Sario*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I.
- _____. *Data Hujan Harian Stasiun Tinoor*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I.
- _____. *Data Hujan Harian Stasiun Winangun*, Badan Meteorologi dan Geofisika Kayuwatu.
- _____. <https://jurnalbumi.com/daerah-aliran-sungai/>