



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Boki Di Jalan Krida 5 Kecamatan Malalayang Kota Manado

Deandra Kalalo ^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^adeandraudreyk@gmail.com, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^cjeffrysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Boki adalah salah satu sungai yang berada di Jalan Krida 5, Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Boki selalu meluap dan menyebabkan kerugian bagi masyarakat serta mengganggu lalu lintas. Oleh karena itu, dibutuhkan perhitungan debit banjir dan elevasi tinggi muka air dari sungai Boki. Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan berasal dari pos hujan MRG Tinoor. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2008 s/d 2021. Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji debit puncak. Parameter yang dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *initial discharge* dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji debit puncak menunjukkan 0,1 m³/detik. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang.

Kata kunci: Sungai Boki, debit banjir, hidraulika, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Boki yang berada di jalan Krida, Kecamatan Malalayang, menjadi salah satu sungai yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari bagi masyarakat sekitar. Sungai Boki ini mengalir dari Kayu Bulan sampai pada Jalan Wolter Monginsidi, kecamatan Malalayang, akan tetapi ketika terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi maka air akan meluap dan menyebabkan kerugian bagi masyarakat sekitar (khususnya bagi yang tinggal disamping sungai tersebut).

Salah satu bencana banjir besar yang terjadi di ruas Sungai Boki terjadi pada 26 Oktober 2022. Penyebab utama terjadinya banjir disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup panjang sehingga mengganggu beberapa kegiatan aktivitas bagi masyarakat sekitar. Berdasarkan masalah yang terjadi diperlukan upaya pengendalian terhadap banjir sehingga air yang meluap tidak mengganggu aktivitas masyarakat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui besarnya debit dan tinggi muka air sungai.

1.2. Rumusan Masalah

Banjir yang terjadi di Sungai Boki mengakibatkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal maupun yang beraktivitas di sekitaran sungai, maka diperlukan upaya dalam penanggulangan banjir dengan menganalisis debit banjir dan tinggi muka air.

1.3. Batasan Masalah

1. Dalam Titik Kontrol terletak di jembatan Sungai Boki, Jl. Krida 5, Kecamatan Malalayang dengan jarak 100m ke arah hulu dan 100 ke arah hilir;
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum;
3. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu (HEC-HMS) untuk analisis hidrologi dan (HEC-RAS) untuk hidraulika.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan tinggi muka air banjir anak Sungai Boki, Kecamatan Malalayang.

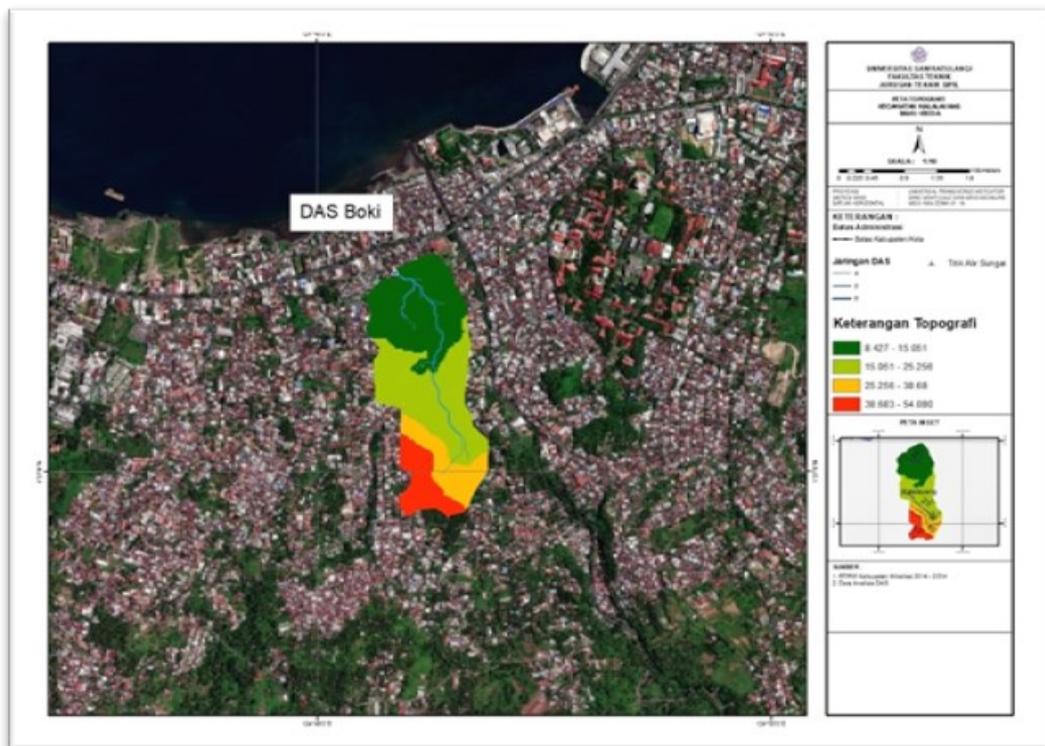
1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian diharapkan dapat menjadi bahan informasi bagi pihak yang membutuhkan dalam penanggulangan permasalahan banjir di Sungai Boki dan dapat bermanfaat sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

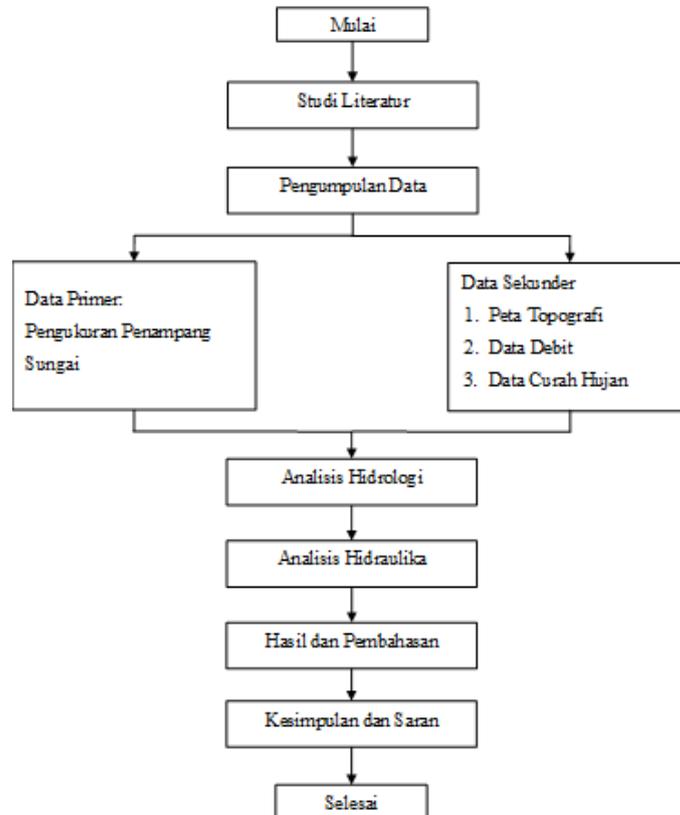
DAS Boki yang terletak di Jl.Krida, Kecamatan Malalayang, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian berada di $1^{\circ}27'50''N$ Lintang Utara $124^{\circ}49'45''E$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan pergerakan air yang berada di permukaan tanah, laut, dan tumbuhan lalu menguap ke udara yang disebabkan oleh panasnya matahari, yang kemudian kembali lagi ke permukaan bumi.

3.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

3.3. Analisis Data Outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim.

3.4. Debit Banjir Rencana

Banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu.

Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan.

3.5. Hidrograf Satuan Sintesis Soil Conservation Service (SCS)

Nilai *CN* ditentukan melalui jenis tutup lahan dan jenis tanah pada DAS. Pada daerah dengan beberapa jenis tutup lahan, nilai *CN* dapat ditentukan dengan mengalikan presentase luas area ke nilai *CN* area tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Boki dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2021. Terdapat 3 pos hujan yaitu, Tinoor, Rumengkor, dan Sawangan. Pos hujan yang digunakan hanya 1 pos hujan, yaitu pos hujan MRG Tinoor. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2021.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	MRG Tinoor
		(mm)
1	2008	74.10
2	2009	65.40
3	2010	101.70
4	2011	102.40
5	2012	96.60
6	2013	110.50
7	2014	184.00
8	2015	108.20
9	2016	90.30
10	2017	156.00
11	2018	108.10
12	2019	120.30
13	2020	134.80
14	2021	156.40

4.2. Uji Data Outlier

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Berikut adalah uji *outlier* data hujan harian maksimum pos hujan MRG Tinoor.

Tabel 2. Parameter Uji *Outlier* Pos Hujan MRG Tinoor

MRG Tinoor						
No	Tahun	R=x	log x	log x - log \bar{x}	(log x - log \bar{x}) ²	(log x - log \bar{x}) ³
1	2008	74.1	1.870	-0.174	0.030	-0.005
2	2009	65.4	1.816	-0.229	0.052	-0.012
3	2010	101.7	2.007	-0.037	0.001	0.000
4	2011	102.4	2.010	-0.034	0.001	0.000
5	2012	96.6	1.985	-0.059	0.003	0.000
6	2013	110.5	2.043	-0.001	0.000	0.000
7	2014	184.0	2.265	0.221	0.049	0.011
8	2015	108.2	2.034	-0.010	0.000	0.000
9	2016	90.3	1.956	-0.088	0.008	-0.001
10	2017	156.0	2.193	0.149	0.022	0.003
11	2018	108.1	2.034	-0.010	0.000	0.000
12	2019	120.3	2.080	0.036	0.001	0.000
13	2020	134.8	2.130	0.086	0.007	0.001
14	2021	156.4	2.194	0.150	0.023	0.003
Jumlah		1608.8	28.6		0.199	-0.000088
Rata-rata		114.9	2.044			

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{1907}{14} = 2,044$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum(\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,199}{14-1}} = 0,1236$$

$$CS_{\log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^3 = (-0,004176)$$

4.3 Analisis Frekuensi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistic yaitu rata – rata hitung atau mean (\bar{x}), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 3. Perhitungan Jenis Sebaran

MRG Tinoor						
No	R=x	Data Setelah Diurutkan	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
1	74	184	69.08571	4772.836	329734.779	22779962.7
2	65	156	41.48571	1721.064	71399.590	2962062.978
3	102	156	41.08571	1688.036	69354.161	2849465.262
4	102	135	19.88571	395.442	7863.639	156374.085
5	97	120	5.38571	29.006	156.218	841.343
6	111	111	-4.41429	19.486	-86.016	379.701
7	184	108	-6.71429	45.082	-302.691	2032.354
8	108	108	-6.81429	46.434	-316.418	2156.162
9	90	102	-12.51429	156.607	-1959.829	24525.861
10	156	102	-13.21429	174.617	-2307.444	30491.218
11	108	97	-18.31429	335.413	-6142.851	112501.922
12	120	90	-24.61429	605.863	-14912.886	367070.049
13	135	74	-40.81429	1665.806	-67988.679	2774909.358
14	156	65	-49.51429	2451.664	-121392.416	6010658.771
Jumlah	1608.8		0	14107.357	263099.157	38073431.8
Rata-rata	114.9					

4.4 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran *Log Pearson tipe III* menggunakan rumus berikut:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X}$$

Rata – rata hitung :

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{14} \times 28,6172 \\ &= 2,044 \end{aligned}$$

Simpangan Baku :

$$\begin{aligned} S_{\log X} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1987}{14-1}} \\ &= 0,1191 \end{aligned}$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan) :

$$\begin{aligned} C_{S_{\log X}} &= \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3 \\ &= \frac{14}{(14-1)(14-2) \cdot 0,1191^3} \times (-0,0000088) \\ &= -0,005 \text{ (Kemencengan Negatif)} \end{aligned}$$

Tabel 4. Nilai *K* Untuk Tiap Kala Ulang

5 Tahun	0,842
10 Tahun	1,281
25 Tahun	1,703
50 Tahun	2,051
100 Tahun	2,323

Tabel 5. Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III

MRG Timoor						
No	Data (X)	Data Setelah Diurutkan	log X (Y)	Y - Ybar	Y - Ybar ²	Y - Ybar ³
1	74	184	2.26482	0.221	0.049	0.011
2	65	156	2.19424	0.150	0.023	0.003
3	102	156	2.19312	0.149	0.022	0.003
4	102	135	2.12969	0.086	0.007	0.001
5	97	120	2.08027	0.036	0.001	0.000
6	111	111	2.04336	-0.001	0.000	0.000
7	184	108	2.03423	-0.010	0.000	0.000
8	108	108	2.03383	-0.010	0.000	0.000
9	90	102	2.01030	-0.034	0.001	0.000
10	156	102	2.00732	-0.037	0.001	0.000
11	108	97	1.98498	-0.059	0.003	0.000
12	120	90	1.95569	-0.088	0.008	-0.001
13	135	74	1.86982	-0.174	0.030	-0.005
14	156	65	1.81558	-0.229	0.052	-0.012
Jumlah	1608.8		28.61723	0.00000000000000666	0.1987	-0.000088
Rata-rata	114.9		2.04409			

4.5. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kota Manado dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8 – 10 jam (Salem dkk., 2016).

Tabel 6. Pola Distribusi Hujan Kota Manado dan Sekitarnya

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3

Sumber: "Saleem Haniedo Pratama ; 2016"

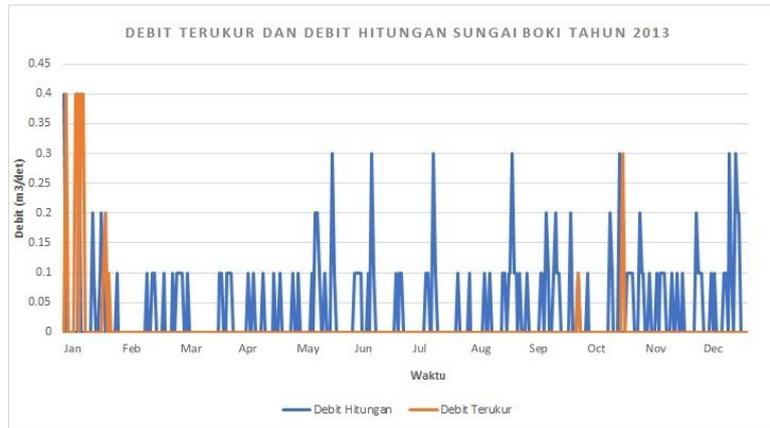
4.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

4.7 Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan data debit terukur. Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan. Dikarenakan Sungai Boki tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit Sungai Boki dapat diketahui.

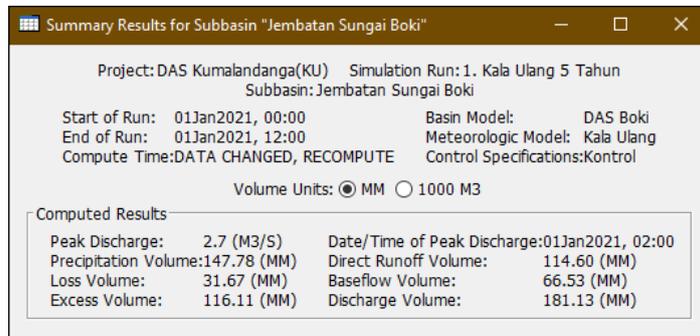
Hasil kalibrasi debit puncak sama dengan 0,1 m³/s melebihi debit terukur 0,1 m³/s maka parameter-parameter yang ada di coba-coba hingga debit hasil simulasi dianggap memenuhi ketentuan.



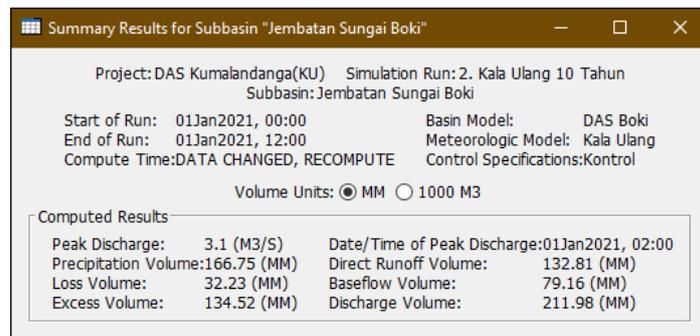
Gambar 3. Grafik Debit Terukur dan Debit Hitungan Sungai Boki

4.8. Analisis Debit Banjir (Simulasi HEC-HMS)

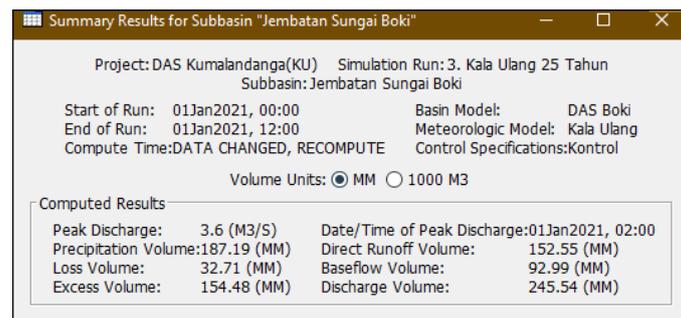
Debit rata – rata Sungai Boki pada tahun Boki adalah 0,00509 m³/s. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS.



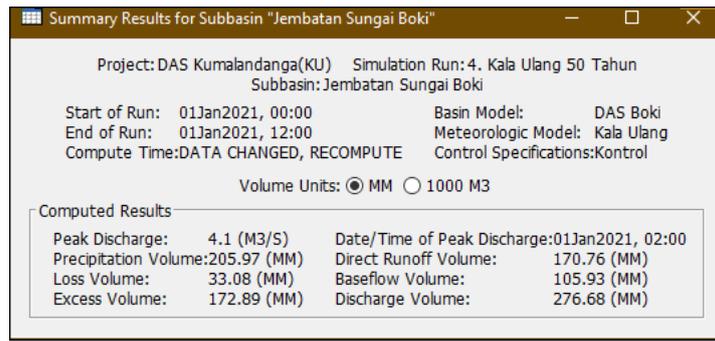
Gambar 4. Summary Results Kala Ulang 5 Tahun



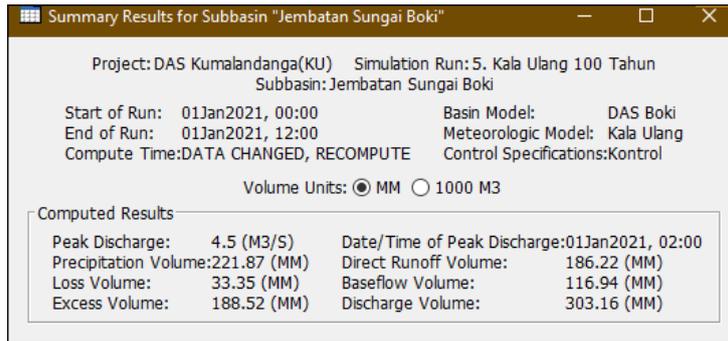
Gambar 5. Summary Results Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 6. Summary Results Kala Ulang 25 Tahun

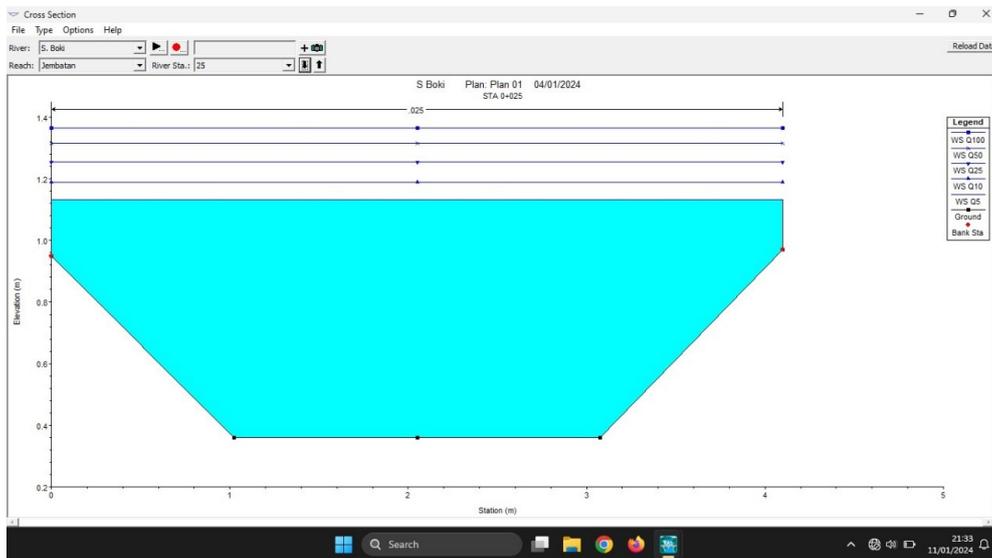


Gambar 7. Summary Results Kala Ulang 50 Tahun

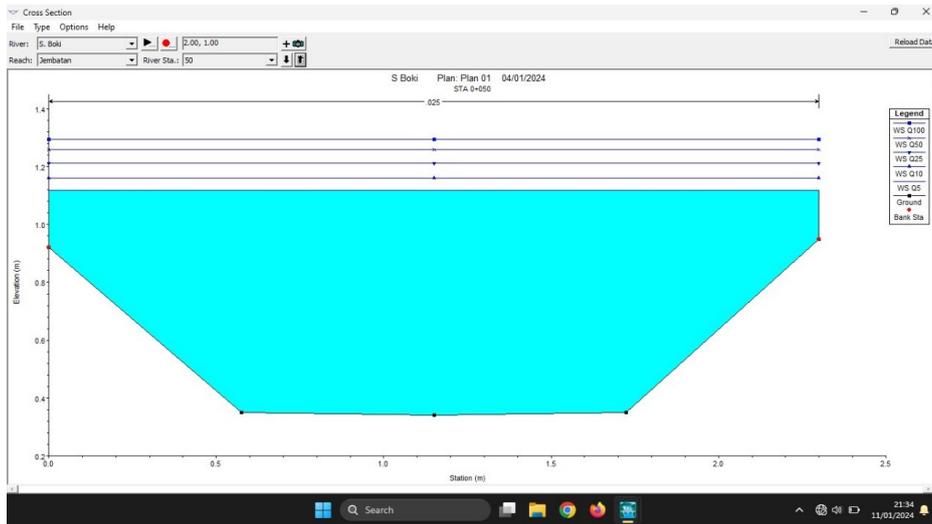


Gambar 8. Summary Results Kala Ulang 100 Tahun

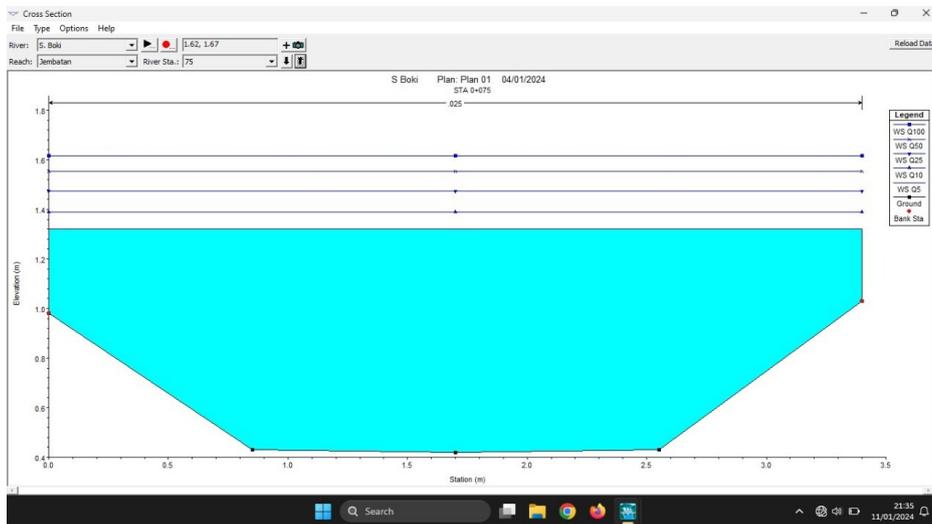
4.9. Analisis Tinggi Muka Air (Simulasi HEC-RAS)



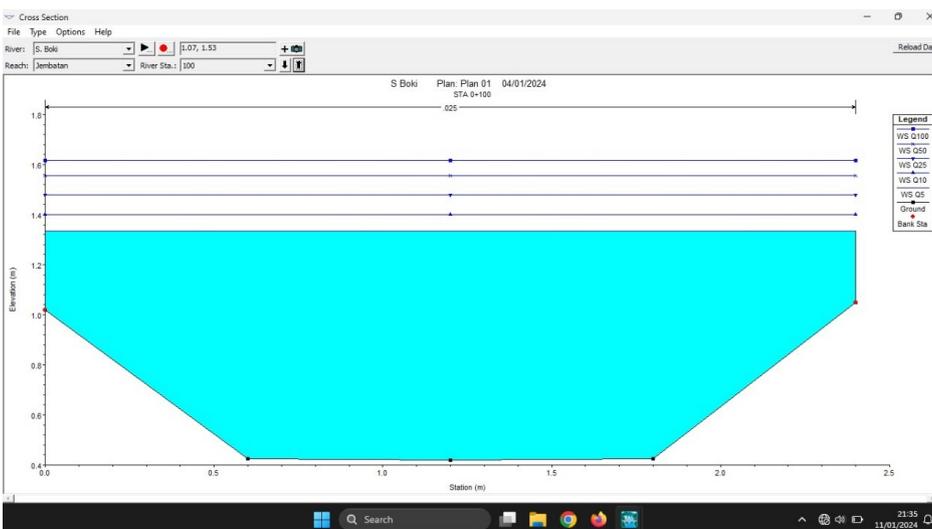
Gambar 9. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+025



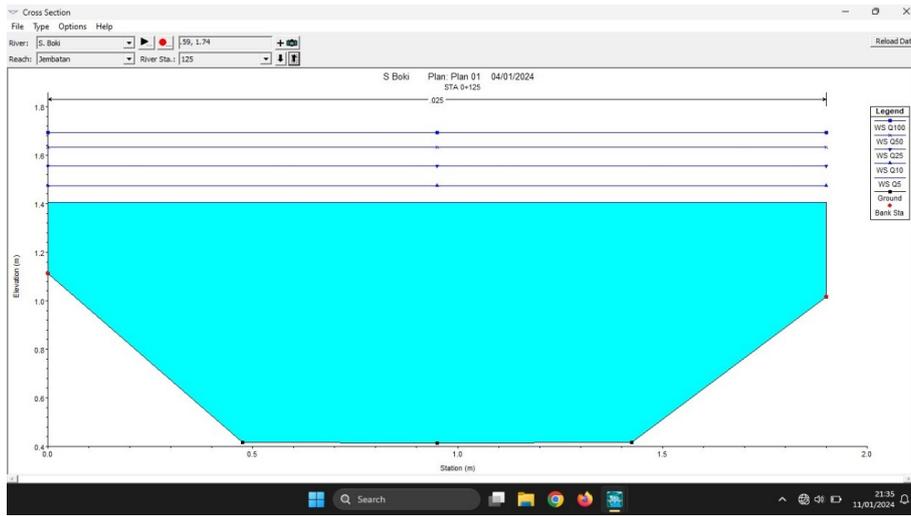
Gambar 10. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+050



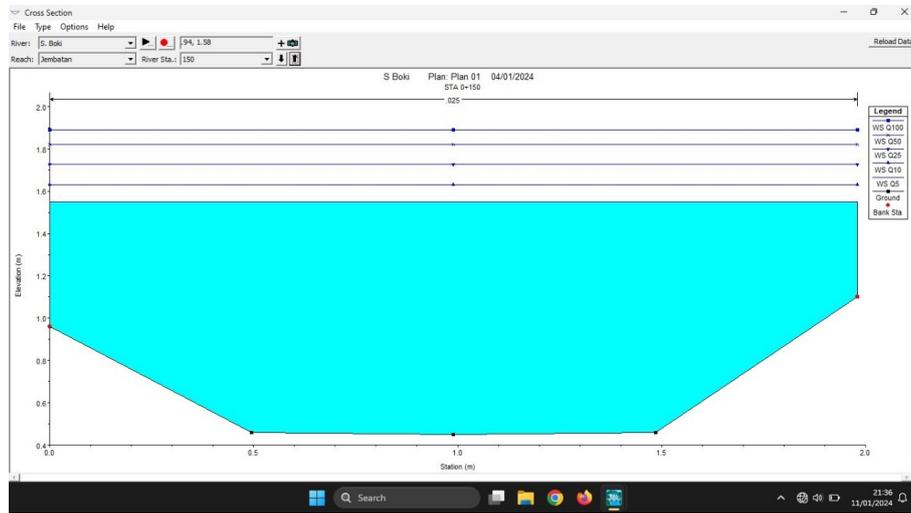
Gambar 11. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+075



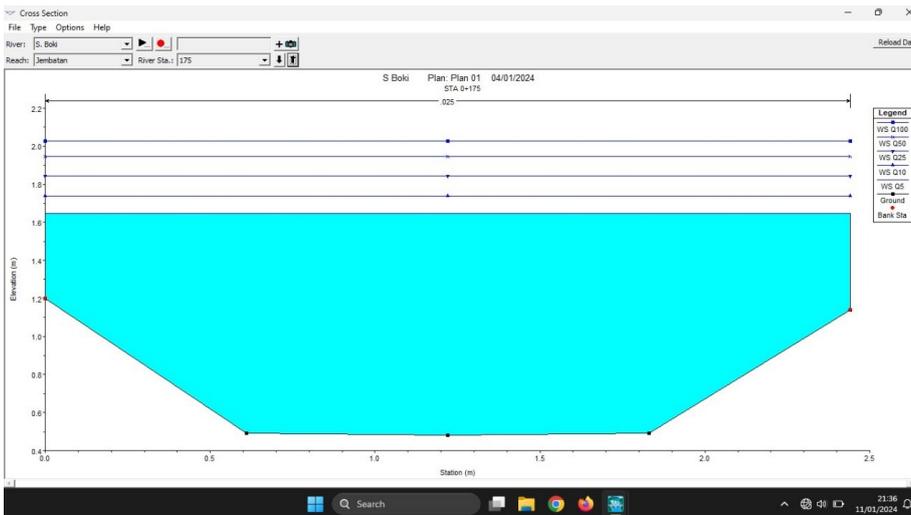
Gambar 12. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100



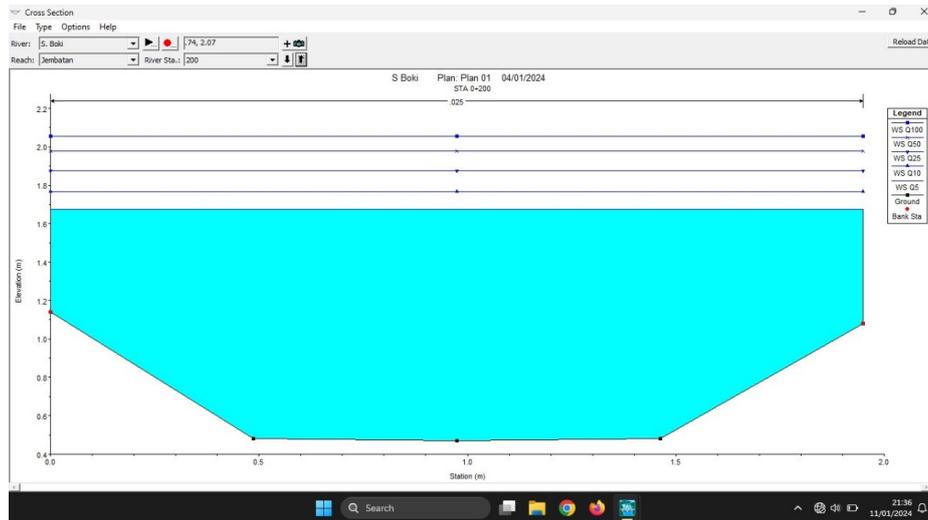
Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+125



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+150



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+175



Gambar 16. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+175

5. Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan, teridentifikasi bahwa penampang Sungai Boki memiliki dimensi yang relatif kecil hal tersebut ditunjukkan melalui perhitungan debit banjir yang diperoleh melalui aplikasi HEC-HMS dan kemudian dilakukan simulasi menggunakan HEC-RAS untuk mendapatkan analisis tinggi muka air. Hasil pengamatan pada setiap stasiun di Sungai Boki menunjukkan ketidakmampuan struktur atau dimensi saat ini untuk menahan volume air hujan dalam periode yang berkepanjangan dan dapat mengakibatkan banjir yang cepat dan berulang.

Referensi

- _____. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Fransiska, Lidya., Ziana, Azmeri. 2017. *Perbaikan Bantaran Sungai Secara Eko Hidraulik Untuk Menanggulangi Banjir di Sungai Lae Soraya Kota Subulussalam*. Pertemuan Ilmiah Tahunan XXXV HATHI, Universitas Syiah Kuala, Medan.
- Isa, Mohamad., Jeffry S. F. Sumaraw, Liany A. Hendratta. 2020. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Marisa Kecamatan Limboto Barat Kabupaten Gorontalo*. Jurnal Sipil Statik Vol. 8 No. 4 Juli 2020 (591-600) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kairupan, Reynaldo C., Tiny Mananoma, Jeffry S.F. Sumaraw. 2017. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Wilayah Bolaang Mongondow*. Jurnal Sipil Tekno Vol.15 No.68 Desember 2017, ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Karim, Intan., Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta. 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 November 2016 (705-714) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Bambang Triatmodjo, 2008. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta : Beta Offset.
- Lengkey, Anggielina Priska., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumaraw. 2019. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Molinow di Desa Radey Kabupaten Minahasa Selatan*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (965-974) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Makahinsade, Imanuel., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumaraw. 2020. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Maen Kecil di Desa Maen Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Mei 2020 (337-344) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Makal, Ariel Pribady., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumaraw. 2020. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Mei 2020 (283-292) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Maryono, Agus., 2005. *Eko Hidraulik Pembangunan Sungai (Edisi Kedua)*, Magister Teknik Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Naiman, R. J. Bunn., S. E. Hiwasaki, L. Mc.Clain, E. M. Vorosmarty, C.J. Zalewski M. 2007. *The Science of Flow Ecology Relationship. Clarifying Key Terms and Concepts*, Paper Presented at the Earth System Science Partnership Open Science Conference, Beijing.
- Ramdan, Hikmat. 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.
- Rapar, Sharon M. E., Tiny Mananoma, E. M. Wuisan, Alex Binilang. 2014. *Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I Dan HSS Limantara*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.1 Januari 2014 (13-21) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sianto, Paulus., Susilawati. 1988. *Peran Masyarakat dalam Mitigasi Bencana Banjir – Kekeringan – Tanah Longsor dari Lingkungan Keluarga*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Kupang.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono., Kensaku Takeda. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan (Cetakan Kesembilan)*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013. *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*. Jurnal Tekno-Sipil Vol.11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tanudjaja, Lambertus. 1991. *Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta.
- Tumber, Ruth Rebeca., Alex Binilang, Hanny Tangkudung. 2018. *Analisis Tinggi Muka Air dan Debit Banjir Sungai Nimanga di Desa Lelema Kabupaten Minahasa Selatan*. Jurnal Tekno, vol. 16, no 69, 2018, ISSN : 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Jeffrey S. F. Sumarauw , Tiny Mananoma, Sisca V. Pandey, 2023. *Cross-Sectional Engineering for Lombagin River Flood Management, Bolaang Mongondow Regency*. *Journal of Propulsion Technology*, vol. 44, no. 6, 2023, ISSN : 1001-4055, Universitas Sam Ratulangi, Manado