

REVISED
EDITION
VOLUME
B

SYNTAX LITERATE

Formal Syntax and Semantics

REVISED EDITION BY ROBERT A. HOEKWEGE

ABOUT THE AUTHOR

Robert A. Hoekwage is a professor of Linguistics at the University of California, San Diego. He is the author of *Syntax Literate: Formal Syntax and Semantics*, a book that has been widely cited in the field of syntax. He is also the author of *The Syntax of English*, a book that has been widely cited in the field of syntax. He is also the author of *The Syntax of English*, a book that has been widely cited in the field of syntax.

NO. 07

Editorial Team

Chief Editor

Aen Fariah, STAIKU Kuningan, Indonesia [[Sinta](#)]

Editorial Board

1. Yanto Heryanto, Universitas Swadaya Gunung Jati, Indonesia [[Scopus](#)] [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Endang Sutrisno, Universitas Swadaya Gunung Jati, Indonesia [[Scopus](#)] [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
3. Iman Nasrulloh, Institut Pendidikan Indonesia Garut, Indonesia [[Scopus](#)] [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Mohammad Ridwan, Universitas Islam Bunga Bangsa Cirebon, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Otong Saeful Bahri, Universitas Muhadi Setiabudi Brebes, Indonesia [[Scopus](#)] [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Farida Nurfalih, Universitas Swadaya Gunung Jati, Indonesia [[Scopus](#)] [[Google Scholar](#)]
7. Dedy Setiawan, STAIKU Kuningan, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
8. Siti Komara, STAIKU Kuningan, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
9. Fereddy Siagian, Akademi Maritim Cirebon, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
10. Rohit Kumar Verma, Internasional Medical University, Malaysia [[Scopus](#)] [[Google Scholar](#)]
11. Rosidin, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia [[Scopus](#)]
12. Lilam Kadarin Nuriyanto, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia [[Scopus](#)]
13. Arnis Rachmadhani, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia [[Scopus](#)]
14. Nurdianto, Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon, Indonesia [[Scopus](#)][[Sinta](#)][[Google Scholar](#)]
15. Wike Pertiwi, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Indonesia [[Scopus](#)][[Sinta](#)][[Google Scholar](#)]
16. Puteri Kamilla, Politeknik Siber Cerdika Internasional, Indonesia [[Sinta](#)]
17. Arif Rohman Hakim, STAIKU Kuningan, Indonesia [[Sinta](#)]
18. Almighty Cortezo Tabuena, Philippine Normal University, Philippine [[Scopus](#)] [[Google Scholar](#)]
19. Niyaz Panakaje, Srinivas University, India [[Scopus](#)] [[Google Scholar](#)]
20. Arul Leena Rose P J SRM Institute of Science and Technology, India [[Scopus](#)] [[Google Scholar](#)]
21. Husnul Hafidhoh, STAIKU Kuningan, Indonesia [[Sinta](#)]
22. Askarno, Politeknik Siber Cerdika Internasional, Indonesia [[Sinta](#)]
23. Eva Utami Durahman, Institut Pendidikan dan Bahasa Invada, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
24. Bambang Firmansyah, Universitas Islam Bunga Bangsa Cirebon, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
25. Agus Rohmat Hidayat, UNICIMI Universitas Cendekia Mitra, Indonesia [[Sinta](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Koesharijadi, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Mitra Indonesia, Indonesia [[Google Scholar](#)]

ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR PADA DAS SUNGAI KABUR-KABUR DI WILAYAH KOTA BULA DENGAN PEMODELAN HEC-RAS DAN EPA SWMM

Mohamad Husein Alfian, Endah Kurniyaningrum

Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

E-mail: 105012110009@std.trisakti.ac.id, kurnianingrum@trisakti.ac.id

Abstrak

Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi Banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktur yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula. Kejadian banjir di wilayah Kota Bula disebabkan oleh meluapnya Sungai Kabur-Kabur. Berdasarkan hasil analisis pemodelan eksisting dengan menggunakan debit kala ulang 25 tahun (Q25) dengan HEC-RAS dan EPA SWMM menunjukkan bahwa banjir terjadi pada sebagian Sungai Kabur-Kabur. Penanganan banjir yang dilakukan di Kota Bula yaitu dengan menerapkan kolam retensi, normalisasi sungai, dan penerapan early warning system banjir. Berdasarkan hasil analisis validasi pengendalian banjir dengan program HEC-RAS dan EPA SWMM, menunjukkan bahwa penanganan banjir Sungai Kabur-Kabur mampu untuk menanggulangi masalah banjir di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, pengendalian banjir yang diterapkan dapat dilaksanakan.

Kata Kunci: Banjir; Sungai Kabur-Kabur; Kota Bula; HEC-RAS; EPA SWMM.

Abstract

The Bula Flood incident began in 2016 until now. It is recorded that every year Bula City often experiences floods, with the peak of flood events being in February-July. As of 2016, there have been several structural treatments carried out by the local government, but have not answered the problem of the Bula Flood. The flood incident in the Bula City area was caused by the overflow of the Kabur-Kabur River. Based on the results of existing modeling analysis using 25-year anniversary discharge (Q25) with HEC-RAS and EPA, SWMM shows that flooding occurs in part of the Kabur-Kabur River. Flood management carried out in Bula City is by implementing retention ponds, river normalization, and implementing an early warning system for flooding. Based on the results of flood control validation analysis with the HEC-RAS and EPA SWMM programs, it shows that the flood management of the Kabur-Kabur River is able to overcome flood problems in the Bula City area. Therefore, the applied flood control can be implemented.

Keywords: Flood; the river is blurred; Bula City; HEC-RAS; EPA SWMM.

How to cite:	Mohamad Husein Alfian, Endah Kurniyaningrum (2023) Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM, (8) 7, http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6
E-ISSN:	2548-1398
Published by:	Ridwan Institute

Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bentuk fenomena alam yang terjadi akibat intensitas curah hujan yang tinggi di mana terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh suatu system (Puspitotanti & Karmilah, 2022). Bencana banjir kerap kali menjadi permasalahan yang sangat serius di setiap wilayah yang terkena banjir (Maryono, 2020). Faktor yang menjadi pokok permasalahan bencana banjir akibat curah hujan yang tinggi sehingga mengakibatkan kapasitas penampang sungai yang tidak mencukupi dan terjadinya limpasan (Candra et al., 2021).

Banjir merupakan proses meluapnya air sungai ke daratan sehingga dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat menimbulkan korban jiwa (Akbar & Mangangka, 2016). Banjir dapat merusak bangunan, sarana dan prasarana, lingkungan hidup serta merusak tata kehidupan masyarakat, maka sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi diakibatkan antara lain oleh sebab-sebab berikut ini Sugiyanto, (2002): Perubahan tata guna lahan (land use) didaerah aliran sungai (DAS), Pembuangan sampah, Erosi dan sedimentasi, Kawasan kumuh disepanjang sungai/drainase, Perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, Curah hujan, Pengaruh fisiografi/geofisik sungai, Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai, Pengaruh air pasang, dan Penurunan tanah dan rob.

Kota Bula adalah ibu kota Kabupaten Seram Bagian Timur yang berada di Provinsi Maluku sejak dimekarkan pada Tahun 2003. Dengan semakin padatnya penduduk maupun tingginya kegiatan ekonomi, pendidikan dan aktivitas pemerintahan, semakin penting pula tingkat kenyamanan dalam beraktivitas. Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi Banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktur yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula (Putra et al., 2019).

Salah satu penyebab terjadinya banjir di Kota Bula adalah sering meluapnya DAS Sungai Kabur-Kabur. Pertumbuhan jumlah penduduk dan semakin mendesaknya kepentingan manusia menyebabkan adanya kecenderungan pemanfaatan lahan di sekitar Sungai Kabur-Kabur, sehingga menyebabkan Sungai kabur-Kabur mengalami penurunan fungsi, penyempitan, dan pendangkalan.

Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi untuk mengetahui penyebab terjadinya perilaku banjir tersebut. Dengan melakukan identifikasi penyebab banjir melalui pendekatan penerapan studi kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir untuk mengurangi daya rusak dari Sungai Kabur-kabur serta mencari alternatif solusi penanggulangan permasalahan lainnya baik secara stuktur maupun non stuktur.

Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air didalamnya disebut sungai dalam (Junaidi, 2014). Daerah dimana sungai memperoleh air

merupakan daerah tangkapan air hujan yang biasanya disebut daerah aliran sungai. Dengan demikian, DAS dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Garis batas antara DAS adalah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan menjadi aliran permukaan di masing-masing DAS (Sosrodarsono, 1977).

Pada prinsipnya ada dua metode pengendalian banjir yaitu metode stuktur dan metode non stuktur. Pada masa lalu metode stuktur lebih diutamakan dibandingkan dengan metode non struktur. Namun saat ini banyak negara maju mengubah pola pengendalian banjir dengan lebih dulu mengutamakan metode non-stuktur lalu baru dengan metode stuktur (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Hidrograf satuan sintetis dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS dan hujan rencana. Parameter utama DAS yang diperhitungkan adalah panjang sungai, luas DAS, kemiringan rata-rata sungai, koefisien pengaliran, dan hujan daerah rencana (Limantara Montarich, 2010). Metode yang digunakan dalam studi ini adalah Hidrograf satuan sintetis metode Nakayasu. Rumus dari hidrograf satuan sintetis Nakayasu adalah sebagai berikut (Nasional, 2016):

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6(0,3.T_p + T_{0,3})}$$

dimana:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

R_0 = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah pengaliran sampai outlet

C = Koefisien pengaliran

Pada waktu kurva naik: $0 < t < T_p$

$$Q_t = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p$$

dimana:

$Q_{(t)}$ = Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3)

t = Waktu (jam)

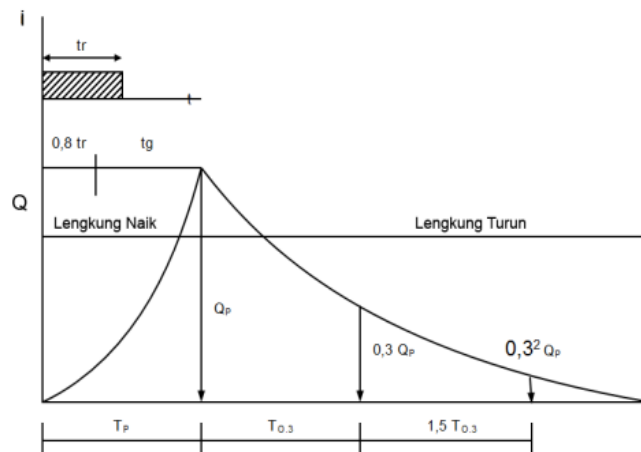
Pada waktu kurva turun

a) Selang nilai: $t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

b) Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$



Gambar 1 Sketsa Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode ini dikembangkan oleh Dr.Ir. Sri Harto berdasarkan penelitian pada 30 DAS di pulau Jawa. Metoda ini diturunkan berdasarkan teori hidrograf satuan sintetik yang dikemukakan oleh Sherman. Hidrograf satuan sintetik Gama-I merupakan persamaan empirik yang diturunkan dengan berdasarkan pada suatu parameter. Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut (Nasional, 2016).

a) Waktu naik (TR) :

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775$$

dimana :

TR = Waktu naik (jam)

L = Panjang sungai (km)

SF = Faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

SIM = Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA).

WF = Faktor lebar yaitu perbandingan antara lebar DAS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak $\frac{3}{4}$ L dan lebar DAS yang diukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4}$ L dari tempat pengukuran

b) Debit puncak (QP) dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$QP = 0,1836A^{0,5886} JN^{0,2381} TR^{-0,4008}$$

dimana :

QP = debit puncak (m³/det)

JN = jumlah pertemuan sungai (jumlah seluruh pertemuan dalam DAS)

TR = waktu naik (jam)

c) Waktu dasar

$$TB = 27,4132TR^{0,1457}S^{-0,0956}SN^{0,7344}RUA^{0,2574}$$

dimana:

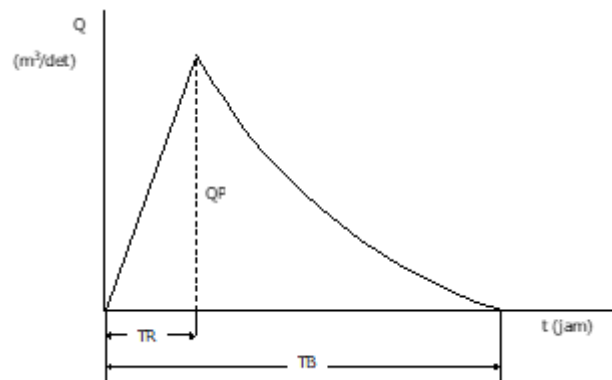
TB = waktu dasar (jam)

TR = waktu naik (jam)

S = landai sungai rata-rata

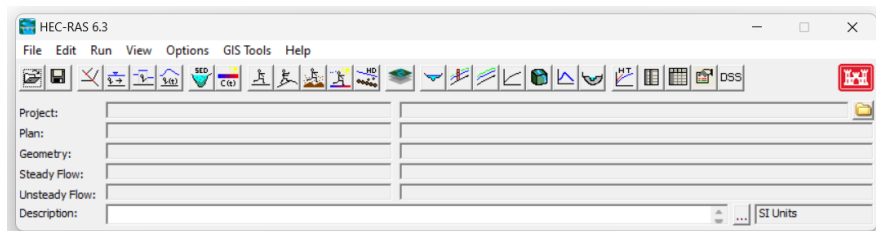
SN = frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat. Untuk penetapan tingkat sungai dapat dilihat pada

RUA = luas DAS sebelah hulu (km²)



Gambar 2 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetik Gama

HEC-RAS (Hidrologi Center River Analisis System) merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk keperluan perhitungan profil muka air dan hidraulik pada sistem jaringan sungai dan saluran. Ada dua jenis aliran yang dapat disimulasikan pada program HEC-RAS ini yaitu aliran langgeng (stedy flow) dan aliran tak langgeng (unstedy flow). Pada penelitian ini digunakan model numerik untuk menyelesaikan permasalahan hidrolis (S. A. Istiarto, 2011).



Gambar 3 Tampilan Awal Program HEC-RAS

SWMM dibuat dan dikembangkan oleh institusi besar dan kredibel di negara maju, yaitu Office of Reseach and Development, Water Supply and Water Resources Division, United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). SWMM merupakan singkatan Storm Water Management Model.

EPA SWMM (Storm Water Management Model) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan pergerakan air hujan di permukaan tanah dan sistem drainase perkotaan (Al Amin, 2020). Meskipun EPA SWMM tidak secara khusus

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM

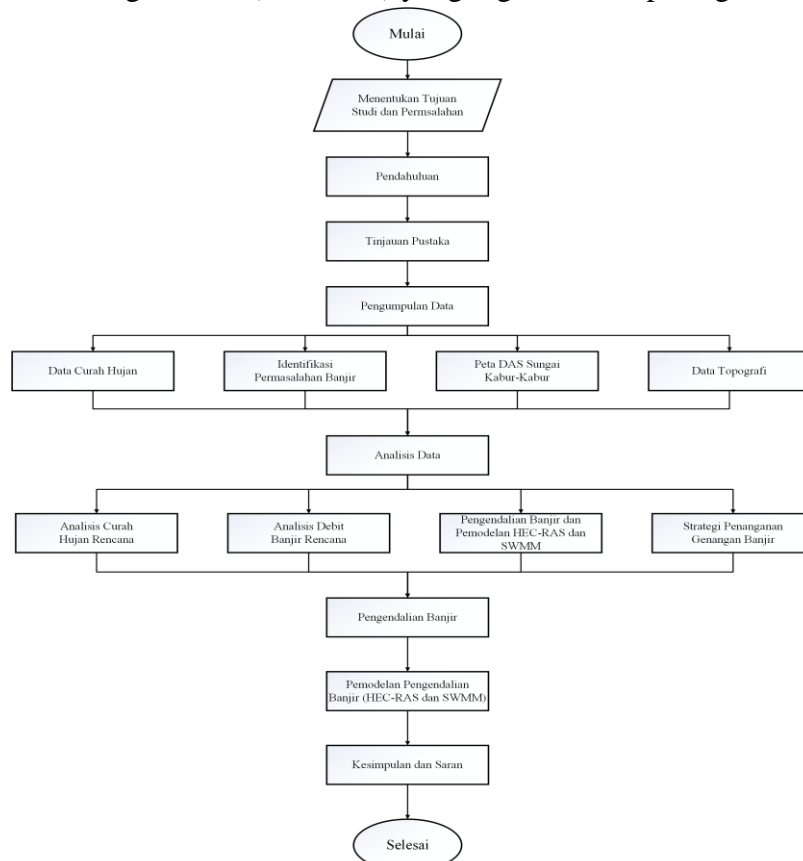
digunakan untuk analisis matematika tradisional, namun dapat digunakan dalam beberapa aspek analisis terkait sistem drainase perkotaan (M. P. Istiarto, 2014).

Kolam Retensi adalah kolam/waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu. Fungsinya untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam retensi dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami (Kementerian, 2018).

Kolam retensi di samping badan saluran/sungai terdiri dari bagian-bagian berupa kolam resapan, pintu inlet, bangunan pelimpah samping pintu outlet, saringan sampah, kolam sedimen. Cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas sehingga kapasitasnya optimal. Keunggulannya tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan (Kementerian, 2018).

Metode Penelitian

Sesuai dengan masalah penelitian yang diangkat, lokasi penelitian berada di DAS Sungai Kabur-Kabur Kabupaten Seram Bagian Timur. Kabupaten Seram Bagian Timur merupakan kabupaten bahari, yang terdiri dari 15 Kecamatan yang terdiri dari 50 pulau. Luas Kabupaten Seram Bagian Timur adalah 5779,12 km². Tahapan penelitian tergambar dalam diagram alir (flowchart) yang digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Tujuan Analisis hujan rencana ini adalah untuk menganalisis frekwensi yang menghasilkan curah hujan maksimum untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun. Perhitungan curah hujan maksimum ini dilakukan dengan metode Log Person type III, dan metode Gumbel. Setelah curah hujan maksimum diperoleh maka tahap selanjutnya adalah menghitung debit banjir rencana, untuk memperkirakan debit rencana yang akan terjadi dapat dihitung dengan hidrograf satuan sintesis metode Nakayasu. Debit yang diperoleh dari hasil analisis ini selanjutnya akan menjadi masukan dalam pemodelan banjir yang dilakukan pada tahap selanjutnya.

Untuk menganalisa kejadian banjir yang terjadi dikawasan DAS Sungai Kabur-Kabur di Kota Bula maka dilakukan pemodelan banjir secara matematis satu dimensi dengan menggunakan software HEC-RAS (Hydrologic Centre-River Analisis System). Melakukan langkah-langkah pengendalian banjir yang terjadi di beberapa titik kawasan Kota Bula dengan memakai pendekatan pengendalian banjir melalui pendekatan secara struktural dan non struktural. Pendekatan secara struktural meliputi Pembangunan Kolam Retensi dan Normalisasi Sungai, sedangkan pendekatan secara non struktural meliputi Early Warning System.

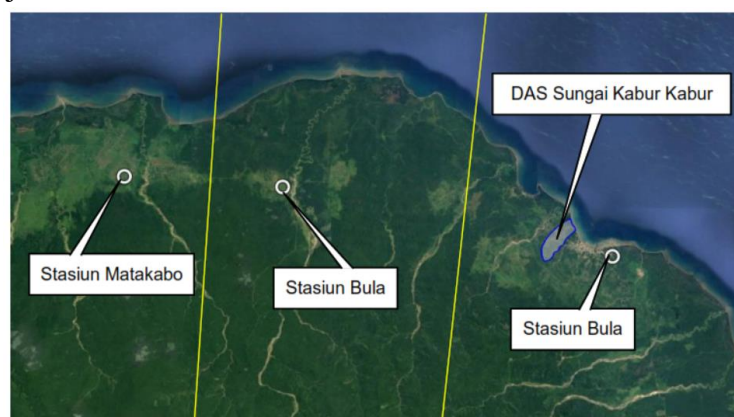
Hasil dan Pembahasan

Ketersediaan Data Hujan

Data hidrologi didapat dari Stasiun Curah Hujan yang terdapat di Kabupaten Seram Bagian Timur yang masuk ke WS Ambon-Seram. Berikut nama-nama stasiun curah hujan yang menyediakan data curah hujan: 1) Bula: Desa Fattolo Kecamatan Bula. 2) Bobi: Desa Jakarta Baru Kecamatan Bula Barat. 3) Matakabo: Desa Matakabo Kecamatan Bula Barat.

Analisis Curah Hujan

Seperti yang sudah diungkapkan sebelumnya pada bab ketersediaan data hujan bahwa di Kabupaten Seram Bagian Timur terdapat tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Matakabo Bobi dan Bula. Akan tetapi setelah melihat Poligon Thesssen dari ketiga stasiun tersebut, hujan yang mempengaruhi DAS Kabur Kabur hanya hujan yang berasal dari Stasiun Hujan Bula.



Gambar 5 Hasil Analisis Stasiun Hujan

Data curah hujan dari Stasiun Bula dianalisis distribusinya dengan menggunakan 3 (tiga) metode yaitu Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson

III. Pengujian kecocokan sebaran dilakukan dengan metode Smirnov-Kolmogorof. Berikut di bawah ini analisis distribusi data curah hujan di Stasiun Bula untuk ketiga metode tersebut.

Tabel 1 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Analisis Frekuensi Hujan Rencana (mm)		
	Normal	Gumbel	Log Pearson III
2	100.72	96.94	97.10
5	124.16	130.25	122.88
10	136.44	152.30	139.13
25	146.49	180.17	158.95
50	157.93	200.84	173.29
100	165.75	221.37	187.35

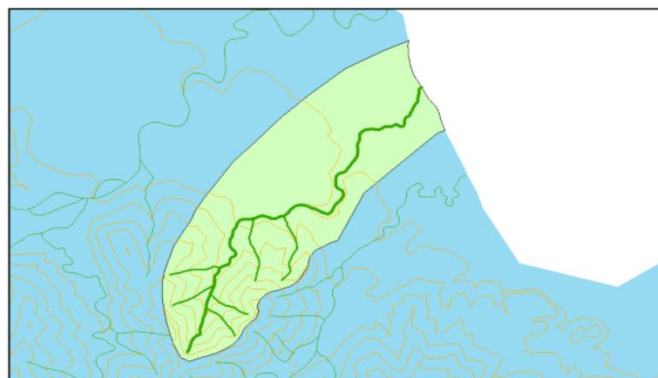
Tabel 2 Pemilihan Metode Distribusi Curah Hujan Rencana

No	Selisih untuk Nilai Kritis 5%		
	Normal	Gumbel	Log Pearson III
1	8.84	9.30	10.85
2	14.11	6.13	17.98
3	3.33	5.79	0.22
4	0.03	0.50	0.69
5	1.49	4.12	0.65
6	3.81	7.85	1.74
7	12.92	8.09	22.62
8	6.90	1.47	21.32
9	3.84	0.51	25.57
10	2.68	5.54	29.03
Selisih Maks	14.11	9.30	29.03
Uji Kecocokan	Diterima	Diterima	Diterima
Terpilih	DISTRIBUSI GUMBEL		

Dari hasil uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat bahwa Distribusi curah hujan stasiun Bula dapat diterima untuk semua metoda dengan selisih maksimum terkecil didapat pada Distribusi Gumbel sehingga untuk selanjutnya data curah hujan hasil Distribusi Gumbel akan digunakan untuk analisis selanjutnya.

Analisis Debit Banjir

Data Sungai Kabur Kabur yang digunakan sebagai input untuk menentukan debit banjir adalah sebagai berikut: (a) Panjang Sungai = 4,12 km. (b) Luas Daerah Tangkapan Hujan = 4,56 km². (c) Faktor Reduksi Luas = 1,000. (d) Koefisien Run off = 0,400 (Kebun)



Gambar 6 Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Kabur-Kabur

Daerah tangkapan hujan Sungai Kabur Kabur berada di Poligon Thiessen Bula. Oleh karena itu data curah hujan yang akan dipakai hanya data dari stasiun Bula. Untuk perhitungan debit banjir, dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) metode, yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama.

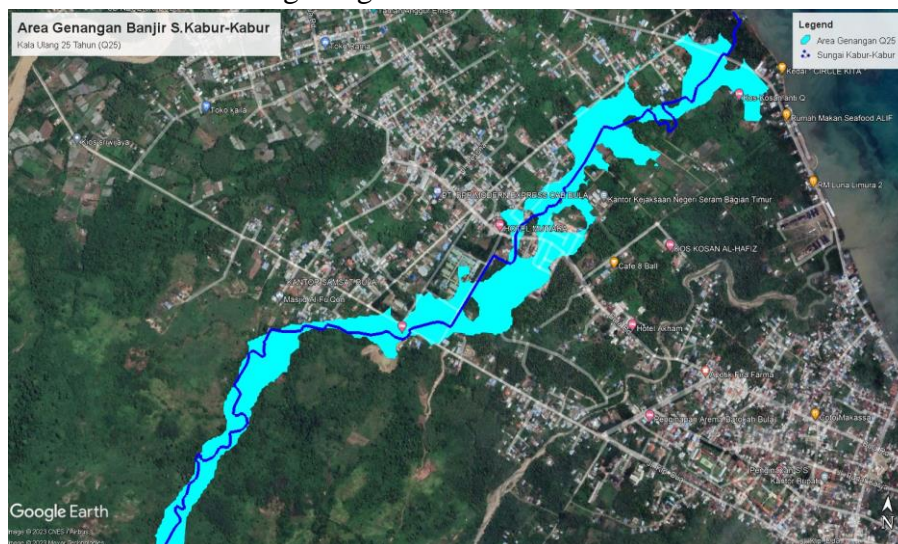
Tabel 3 Hasil Analisis Debit Banjir Sungai Kabur-Kabur

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan (mm)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)		Debit Banjir Rencana Maksimum (m ³ /dt)
		HSS Nakayasu	HSS Gama	
2	96.94	8.40	8.50	8.50
5	130.25	11.20	11.40	11.40
10	152.30	13.10	13.30	13.30
25	180.17	15.60	15.80	15.80
50	200.84	17.30	17.60	17.60
100	221.37	19.10	19.40	19.40

Karena Sungai Kabur-Kabur merupakan kategori DAS kritis dan berada di daerah penting, maka debit banjir yang dipakai yaitu debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q25) dengan metode HSS Gama yaitu sebesar 15.80 m³/dt.

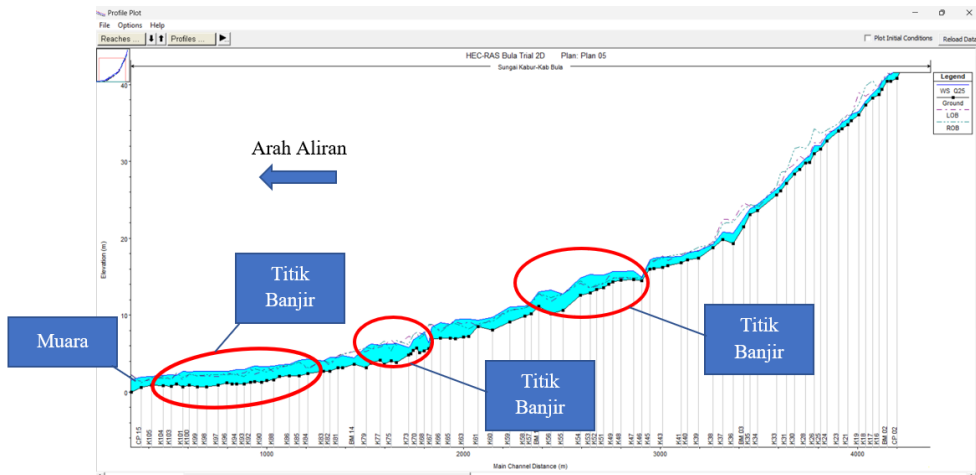
Analisis Hidrolika Sungai Kabur-Kabur Kondisi Eksisting
Program HEC-RAS

Analisis hidrolika kondisi eksisting dilakukan dengan pemodelan Sungai Kabur-Kabur menggunakan program HEC-RAS. Berikut adalah hasil pemodelan area genangan banjir Sungai Kabur-Kabur, hasil pemodelan kondisi eksisting pada beberapa titik sungai yang dianggap mewakili hulu, tengah, dan hilir sungai serta hasil rekapitulasi hasil pemodelan HEC-RAS eksisting Sungai Kabur-Kabur.

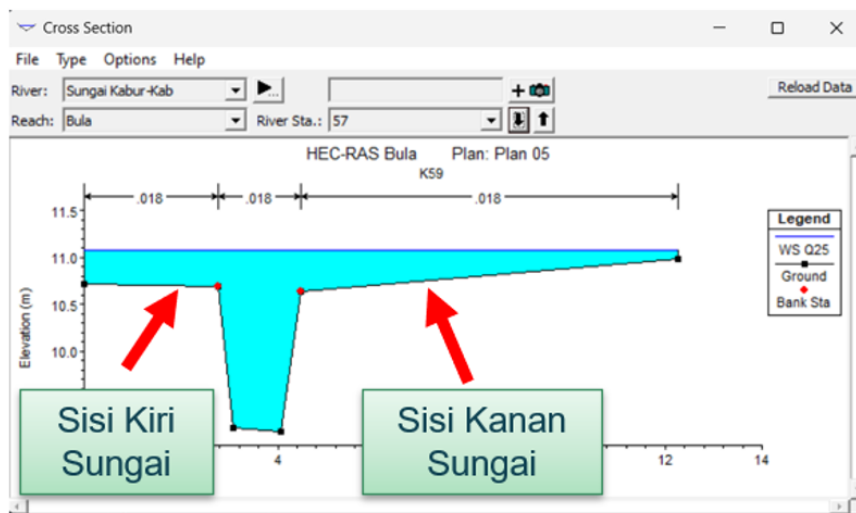


Gambar 7 Hasil Pemodelan Genangan Sungai Kabur-Kabur Q25

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM



Gambar 8 Hasil Pemodelan Potongan Memanjang Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan HEC-RAS



Gambar 9 Hasil Pemodelan Salah Satu Potongan Melintang Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan HEC-RAS

Tabel 4 Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

STA Sungai	Elevasi Muka Air	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting	Kondisi Sungai	Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran (m/dt)	Luasan Genangan (Ha)
	(m)	(m)	(m)		Sisi Kiri	Sisi Kanan		
A. HULU SUNGAI								
K3	51.10	51.18	51.13	Aman	Aman	0.00	0.00	0.00
K4	49.09	47.94	47.54	Banjir	Banjir	1.15	1.55	0.96
K5	49.10	47.07	46.84	Banjir	Banjir	2.03	2.26	0.60
K6	49.10	45.86	46.44	Banjir	Banjir	3.24	2.66	0.49
K7	49.11	45.85	45.91	Banjir	Banjir	3.26	3.20	0.46
B. TENGAH SUNGAI								
K53	15.28	13.47	13.58	Banjir	Banjir	1.81	1.70	0.44
K54	14.88	14.21	14.52	Banjir	Banjir	0.67	0.36	2.63
K55	12.74	12.81	12.86	Aman	Aman	0.00	0.00	5.59

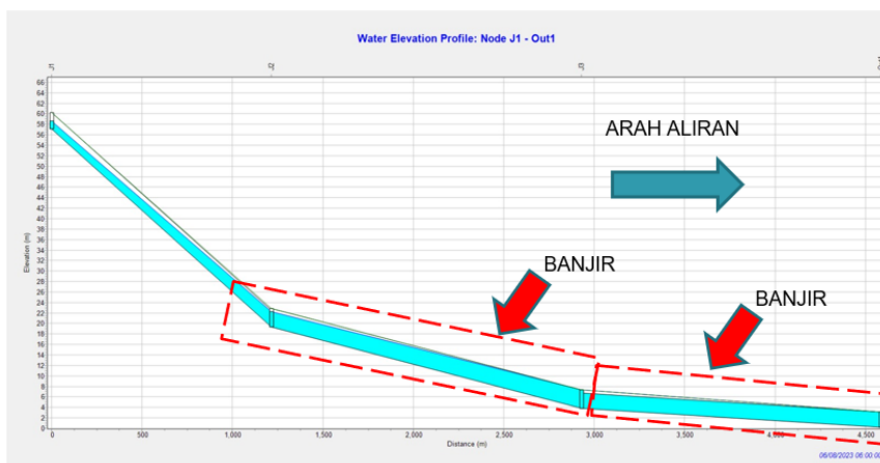
STA Sungai	Elevasi Muka Air	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting	Kondisi Sungai		Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran	Luasan Genangan
	(m)	(m)	(m)	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	(m/dt)	(Ha)
K56	13.31	11.76	12.26	Banjir	Banjir	1.55	1.05	1.05	1.54
BM 12	13.03	12.81	12.82	Banjir	Banjir	0.22	0.21	2.58	0.25
C. HILIR SUNGAI									
K106	1.76	1.18	1.40	Banjir	Banjir	0.58	0.36	1.00	0.35
K107	1.77	0.91	0.80	Banjir	Banjir	0.86	0.97	0.58	0.51
K108	1.76	1.09	0.76	Banjir	Banjir	0.67	1.00	0.72	0.64
K109	1.76	0.61	1.14	Banjir	Banjir	1.15	0.62	0.63	0.95
K110	1.50	0.98	0.94	Banjir	Banjir	0.52	0.56	2.17	0.22
K111	1.26	0.64	2.37	Banjir	Aman	0.62	0.00	2.81	0.08

Berdasarkan tabel tersebut, menunjukkan bahwa dalam kondisi eksisting, sebagian besar wilayah Sungai Kabur-Kabur mengalami banjir dengan kedalaman bervariasi baik pada hulu, tengah, maupun pada hilir sungai.

Program EPA SWMM

Sebagai pembandingan, pemodelan banjir pada Sungai Kabur-Kabur juga dilakukan dengan bantuan program SWMM (Storm Water Management Model). Analisis pemodelan Sungai Kabur-Kabur dengan program SWMM menggunakan curah hujan dan debit kala ulang 25 tahun. Berdasarkan hasil pemodelan, menunjukkan dengan debit banjir kala ulang 25 tahun (Q25) terjadi banjir pada Sungai Kabur-Kabur, khususnya di bagian tengah dan hilir sungai, yang artinya berada di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur di wilayah Kota Bula.

Berdasarkan hasil visualisasi dan pemodelan menggunakan program EPA SWMM, menunjukkan bahwa kedalaman banjir Sungai Kabur-Kabur pada saat debit kala ulang 25 tahun (Q25) mencapai ± 3.00 m.



Gambar 10 Hasil Pemodelan Banjir Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan EPA SWMM

Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur

Perencanaan Kolam Retensi

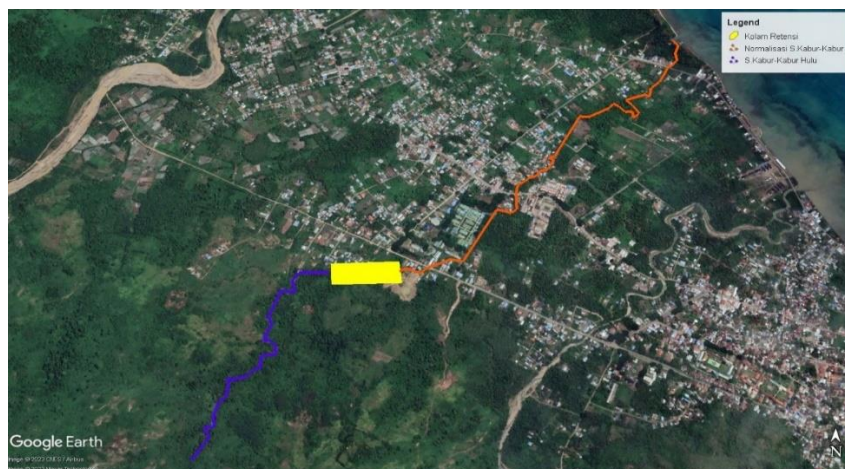
Kolam retensi direncanakan di bagian tengah Sungai Kabur-Kabur sebelum masuk ke wilayah Kota Bula. Kolam retensi dibangun di atas lahan seluas 3 Ha dengan elevasi di antara +16 sampai dengan +20 mdpl. Elevasi puncak tanggul direncanakan seragam pada elevasi +19 mdpl. Volume tampungan kolam retensi adalah 120.000 m³ dan dengan hujan Q25 akan terisi penuh dalam waktu 4 jam. Kelebihan debit akan dikeluarkan melalui Sungai Kabur-Kabur.



Gambar 11 Rencana Kolam Retensi

Normalisasi Sungai Kabur-Kabur

Sungai Kabur-Kabur mengalami penyempitan dimensi dari yang semula rata-rata lebar sungai 8 meter menjadi rata-rata 6 m. Normalisasi Sungai Kabur-Kabur dilakukan dari kolam retensi hingga ke hilir Sungai Kabur-Kabur dengan dilakukan pelebaran sungai menjadi 8 meter. Panjang normalisasi sungai yang direncanakan yaitu sepanjang 2.94 km.



Gambar 12 Rencana Normalisasi Sungai Kabur-Kabur

Early Warning System

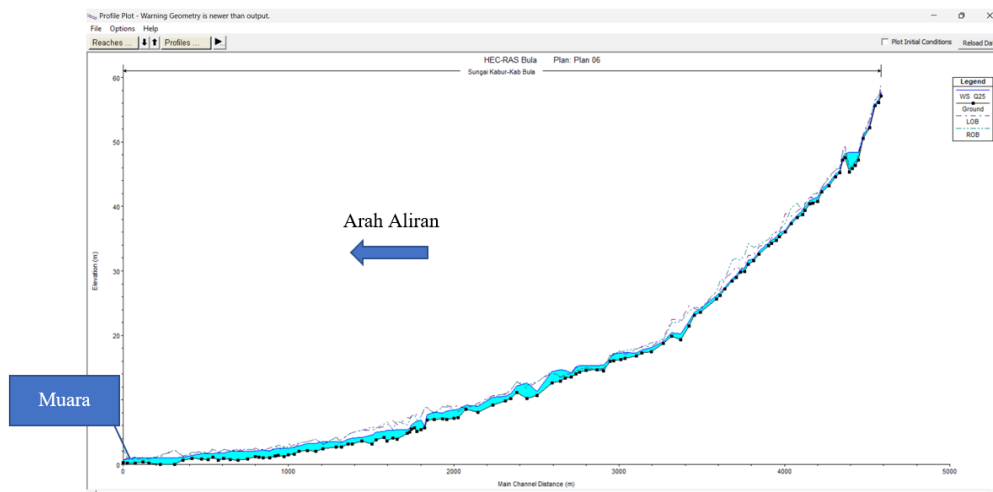
Early warning system banjir adalah suatu sistem yang dirancang untuk mendeteksi, memantau, dan memberikan peringatan dini mengenai ancaman banjir kepada masyarakat dan pemangku kepentingan terkait (Sunusi, 2021). Tujuan utama dari sistem peringatan dini banjir adalah memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk mengambil tindakan pencegahan atau evakuasi sebelum banjir terjadi.



Gambar 13 Early Warning System Banjir

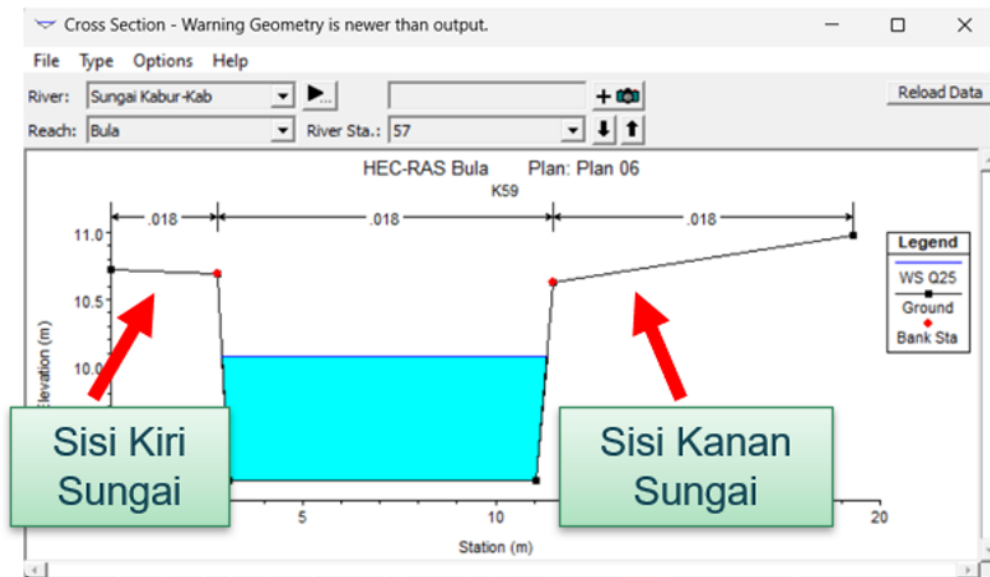
Validasi Hidrolika Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur Program HEC-RAS

Analisis hidrolika pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Berikut adalah hasil Sungai Kabur-Kabur, pada beberapa titik sungai yang dianggap mewakili hulu, tengah, dan hilir sungai dan hasil rekapitulasi hasil pemodelan HEC-RAS pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur. Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui seberapa pengaruh pengendalian banjir yang direncanakan pada Sungai Kabur-Kabur di Kota Bula. Untuk kala ulang banjir yang digunakan yaitu dengan kala ulang 25 tahun (Q25).



Gambar 14 Hasil Pemodelan Potongan Memanjang Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM



Gambar 15 Hasil Pemodelan Salah Satu Potongan Melintang Pengendalian Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

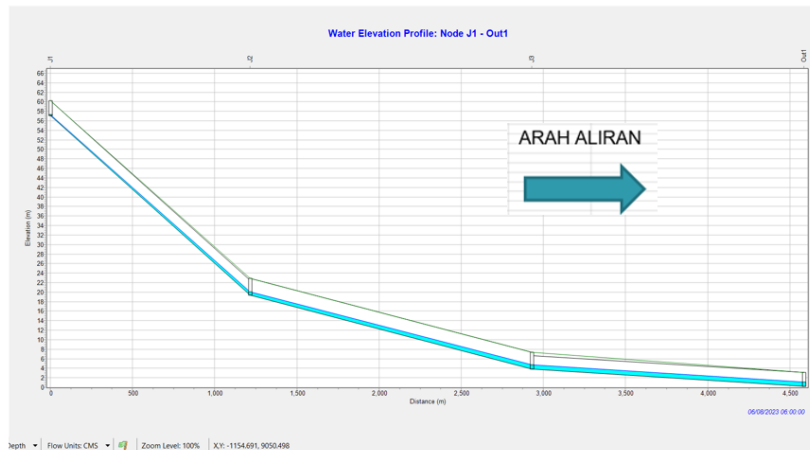
Tabel 5 Hasil Pemodelan Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

STA Sungai	Elevasi Muka Air	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting	Kondisi Sungai		Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran	Luasan Genangan
	(m)	(m)	(m)	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	(m/dt)	(Ha)
A. HULU SUNGAI									
K3	50.80	51.18	51.13	Aman	Aman	0.00	0.00	2.22	0.00
K4	47.31	47.94	47.54	Aman	Aman	0.00	0.00	0.21	0.00
K5	46.68	47.07	46.84	Aman	Aman	0.00	0.00	0.08	0.00
K6	45.64	45.86	46.44	Aman	Aman	0.00	0.00	0.05	0.00
K7	45.52	45.85	45.91	Aman	Aman	0.00	0.00	0.05	0.00
B. TENGAH SUNGAI									
K53	13.28	13.47	13.58	Aman	Aman	0.00	0.00	0.26	0.00
K54	13.83	14.21	14.52	Aman	Aman	0.00	0.00	2.19	0.00
K55	11.06	12.81	12.86	Aman	Aman	0.00	0.00	0.77	0.00
K56	10.59	11.76	12.26	Aman	Aman	0.00	0.00	0.22	0.00
BM 12	11.75	12.81	12.82	Aman	Aman	0.00	0.00	1.78	0.00
C. HILIR SUNGAI									
K107	0.41	0.91	0.80	Aman	Aman	0.00	0.00	0.28	0.00
K108	0.57	1.09	0.76	Aman	Aman	0.00	0.00	0.41	0.00
K109	0.36	0.61	1.14	Aman	Aman	0.00	0.00	0.23	0.00
K110	0.63	0.98	0.94	Aman	Aman	0.00	0.00	0.72	0.00
K111	0.60	0.64	2.37	Aman	Aman	0.00	0.00	1.13	0.00

Berdasarkan hasil analisis pada tabel di atas, menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur sudah tidak mengalami banjir, baik pada hulu, tengah, maupun bagian hilir sungai termasuk di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur bisa dilaksanakan.

Program EPA SWMM

Sebagai pembandingan, pemodelan banjir pada Sungai Kabur-Kabur juga dilakukan dengan bantuan program SWMM (Storm Water Management Model). Analisis pemodelan Sungai Kabur-Kabur dengan program SWMM menggunakan curah hujan dan debit kala ulang 25 tahun. Berdasarkan hasil visualisasi dan pemodelan menggunakan program EPA SWMM, menunjukkan bahwa dengan adanya rencana pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur dengan menggunakan kolam retensi dan normalisasi sungai, Sungai Kabur-Kabur sudah tidak mengalami banjir lagi.



Gambar 16 Hasil Pemodelan Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan EPA SWMM

Kesimpulan

Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi Banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktur yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula. Kejadian banjir di wilayah Kota Bula disebabkan oleh meluapnya Sungai Kabur-Kabur.

Berdasarkan hasil analisis pemodelan eksisting dengan menggunakan debit kala ulang 25 tahun (Q25) menunjukkan bahwa banjir terdadi pada sebagian Sungai Kabur-Kabur. Penanganan banjir yang dilakukan di Kota Bula yaitu dengan menerapkan kolam retensi, normalisasi sungai, dan penerapan early warning system banjir. Berdasarkan hasil analisis validasi pengendalian banjir, menunjukkan bahwa penanganan banjir Sungai Kabur-Kabur mampu untuk menanggulangi masalah banjir di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, pengendalian banjir yang diterapkan dapat dilaksanakan.

BIBLIOGRAPHY

- Akbar, M., & Mangangka, I. R. (2016). Analisa Profil Muka Air Banjir Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1).
- Al Amin, M. B. (2020). *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Deepublish.
- Candra, A., Nazili, N., & Lalan, H. (2021). Analisa Kapasitas Penampang Sungai Batang Manggung Kota Pariaman Dengan Menggunakan Program Hec-Ras V 5.0. 3. *Journal of Applied Engineering Scienties*, 4(1), 40–63.
- Istiarto, M. P. (2014). Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS. *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Istiarto, S. A. (2011). 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. *Modul Pelatihan Tidak Diterbitkan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Junaidi, F. F. (2014). *Analisis distribusi kecepatan aliran sungai musi (ruas jembatan ampera sampai dengan pulau kemaro)*. Sriwijaya University.
- Kementerian, P. (2018). Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi. *Modul Diklat Teknis*, 1–41.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Penerbit Andi.
- Limantara Montarcih, L. (2010). Hidrologi Praktis. *Penerbit CV. Lubuk Agung Bandung*.
- Maryono, A. (2020). *Menangani banjir, kekeringan dan lingkungan*. Ugm Press.
- Nasional, B. S. (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. *SNI, 2415*, 2016.
- Puspitotanti, E., & Karmilah, M. (2022). Kajian Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Banjir. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2), 177–197.
- Putra, F. E. K., Romadhoni, A. Z., & Moe, I. R. (2019). Evaluasi Banjir di Kecamatan Bula Kabupaten Seram Bagian Timur. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 27(2), 260–267.
- Sosrodarsono, S. (1977). Hidrologi untuk pengairan. (*No Title*).
- Sugiyanto, K. (2002). Penyebab Terjadinya Banjir. *Penyebab Banjir*.
- Sunusi, M. A. (2021). *Pengembangan Early Warning System Perlindungan Hortikultura (THE HOPERS_Dev): Laporan Proyek Perubahan*. PPMKP.

Copyright of Journal of Syntax Literate is the property of Ridwan Institute and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.

EBSCO-FullText-2024-08-27.pdf

by karya Ilmiah 3 ftsp

Submission date: 27-Aug-2024 02:38PM (UTC+0700)

Submission ID: 2438758600

File name: EBSCO-FullText-2024-08-27.pdf (1.4M)

Word count: 4322

Character count: 23752

ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR PADA DAS SUNGAI KABUR-KABUR DI WILAYAH KOTA BULA DENGAN PEMODELAN HEC-RAS DAN EPA SWMM

Mohamad Husein Alfian, Endah Kurniyaningrum

Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

E-mail: 105012110009@std.trisakti.ac.id, kurniyaningrum@trisakti.ac.id

Abstrak

Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi Banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktural yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula. Kejadian banjir di wilayah Kota Bula disebabkan oleh meluapnya Sungai Kabur-Kabur. Berdasarkan hasil analisis pemodelan eksisting dengan menggunakan debit kala ulang 25 tahun (Q25) dengan HEC-RAS dan EPA SWMM menunjukkan bahwa banjir terjadi pada sebagian Sungai Kabur-Kabur. Penanganan banjir yang dilakukan di Kota Bula yaitu dengan menerapkan kolam retensi, normalisasi sungai, dan penerapan early warning system banjir. Berdasarkan hasil analisis validasi pengendalian banjir dengan program HEC-RAS dan EPA SWMM, menunjukkan bahwa penanganan banjir Sungai Kabur-Kabur mampu untuk menanggulangi masalah banjir di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, pengendalian banjir yang diterapkan dapat dilaksanakan.

Kata Kunci: Banjir; Sungai Kabur-Kabur; Kota Bula; HEC-RAS; EPA SWMM.

Abstract

The Bula Flood incident began in 2016 until now. It is recorded that every year Bula City often experiences floods, with the peak of flood events being in February-July. As of 2016, there have been several structural treatments carried out by the local government, but have not answered the problem of the Bula Flood. The flood incident in the Bula City area was caused by the overflow of the Kabur-Kabur River. Based on the results of existing modeling analysis using 25-year anniversary discharge (Q25) with HEC-RAS and EPA, SWMM shows that flooding occurs in part of the Kabur-Kabur River. Flood management carried out in Bula City is by implementing retention ponds, river normalization, and implementing an early warning system for flooding. Based on the results of flood control validation analysis with the HEC-RAS and EPA SWMM programs, it shows that the flood management of the Kabur-Kabur River is able to overcome flood problems in the Bula City area. Therefore, the applied flood control can be implemented.

Keywords: Flood; the river is blurred; Bula City; HEC-RAS; EPA SWMM.

How to cite:	Mohamad Husein Alfian, Endah Kurniyaningrum (2023) Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM, (8) 7, http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6
E-ISSN:	2548-1398
Published by:	Ridwan Institute

4 Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bentuk fenomena alam yang terjadi akibat intensitas curah hujan yang tinggi di mana terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh suatu system (Puspitotanti & Karmilah, 2022). Bencana banjir kerap kali menjadi permasalahan yang sangat serius di setiap wilayah yang terkena banjir (Maryono, 2020). Faktor yang menjadi pokok permasalahan bencana banjir akibat curah hujan yang tinggi sehingga mengakibatkan kapasitas penampang sungai yang tidak mencukupi dan terjadinya limpasan (Candra et al., 2021).

Banjir merupakan proses meluapnya air sungai ke daratan sehingga dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat menimbulkan korban jiwa (Akbar & Mangangka, 2016). Banjir dapat merusak bangunan, sarana dan prasarana, lingkungan hidup serta merusak tata kehidupan masyarakat, maka sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi diakibatkan antara lain oleh sebab-sebab berikut ini Sugiyanto, (2002): Perubahan tata guna lahan (land use) didaerah aliran sungai (DAS), Pembuangan sampah, Erosi dan sedimentasi, Kawasan kumuh disepanjang sungai/drainase, Perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, Curah hujan, Pengaruh fisiografi/geofisik sungai, Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai, Pengaruh air pasang, dan Penurunan tanah dan rob.

Kota Bula adalah ibu kota Kabupaten Seram Bagian Timur yang berada di Provinsi Maluku sejak dimekarkan pada Tahun 2003. Dengan semakin padatnya penduduk maupun tingginya kegiatan ekonomi, pendidikan dan aktivitas pemerintahan, semakin penting pula tingkat kenyamanan dalam beraktivitas. Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktur yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula (Putra et al., 2019).

Salah satu penyebab terjadinya banjir di Kota Bula adalah sering meluapnya DAS Sungai Kabur-Kabur. Pertumbuhan jumlah penduduk dan semakin mendesaknya kepentingan manusia menyebabkan adanya kecenderungan pemanfaatan lahan di sekitar Sungai Kabur-Kabur, sehingga menyebabkan Sungai kabur-Kabur mengalami penurunan fungsi, penyempitan, dan pendangkalan.

Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi untuk mengetahui penyebab terjadinya perilaku banjir tersebut. Dengan melakukan identifikasi penyebab banjir melalui pendekatan penerapan studi kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir untuk mengurangi daya rusak dari Sungai Kabur-kabur serta mencari alternatif solusi penanggulangan permasalahan lainnya baik secara stuktur maupun non stuktur.

Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air didalamnya disebut sungai dalam (Junaidi, 2014). Daerah dimana sungai memperoleh air

merupakan daerah tangkapan air hujan yang biasanya disebut daerah aliran sungai. Dengan demikian, DAS dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Garis batas antara DAS adalah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan menjadi aliran permukaan di masing-masing DAS (Sosrodarsono, 1977).

Pada prinsipnya ada dua metode pengendalian banjir yaitu metode stuktur dan metode non stuktur. Pada masa lalu metode stuktur lebih diutamakan dibandingkan dengan metode non struktur. Namun saat ini banyak negara maju mengubah pola pengendalian banjir dengan lebih dulu mengutamakan metode non-stuktur lalu baru dengan metode stuktur (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Hidrograf satuan sintesis dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS dan hujan rencana. Parameter utama DAS yang diperhitungkan adalah panjang sungai, luas DAS, kemiringan rata-rata sungai, koefisien pengaliran, dan hujan daerah rencana (Limantara Montareih, 2010). Metode yang digunakan dalam studi ini adalah Hidrograf satuan sintesis metode Nakayasu. Rumus dari hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut (Nasional, 2016):

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6(0,3.T_p + T_{0,3})}$$

dimana:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

R_0 = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah pengaliran sampai outlet

C = Koefisien pengaliran

Pada waktu kurva naik: $0 < t < T_p$

$$Q_t = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p$$

dimana:

$Q_{(t)}$ = Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3)

t = Waktu (jam)

Pada waktu kurva turun

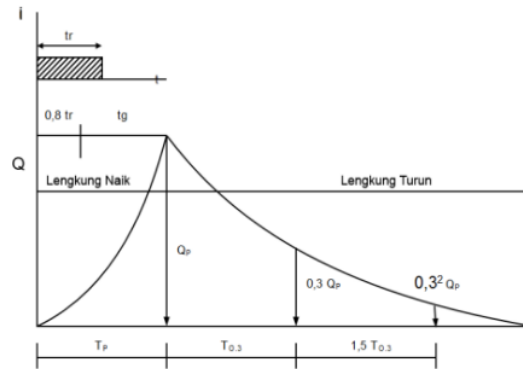
a) Selang nilai: $t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

b) Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM



Gambar 1 Sketsa Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode ini dikembangkan oleh Dr.Ir. Sri Harto berdasarkan penelitian pada 30 DAS di pulau Jawa. Metoda ini diturunkan berdasarkan teori hidrograf satuan sintetik yang dikemukakan oleh Sherman. Hidrograf satuan sintetik Gama-I merupakan persamaan empirik yang diturunkan dengan berdasarkan pada suatu parameter. Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut (Nasional, 2016).

a) Waktu naik (TR) :

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^2 + 1,0665SIM + 1,2775$$

dimana :

- TR = Waktu naik (jam)
- L = Panjang sungai (km)
- SF = Faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat
- SIM = Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA).
- WF = Faktor lebar yaitu perbandingan antara lebar DAS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak $\frac{1}{4} L$ dan lebar DAS yang diukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4} L$ dari tempat pengukuran

b) Debit puncak (QP) dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$QP = 0,1836A^{0,5886} JN^{0,238} TR^{-0,4008}$$

dimana :

- QP = debit puncak (m³/det)
- JN = jumlah pertemuan sungai (jumlah seluruh pertemuan dalam DAS)
- TR = waktu naik (jam)

c) Waktu dasar

$$TB = 27,4132TR^{0,1457}S^{-0,0956}SN^{0,734}RUA^{0,2574}$$

dimana:

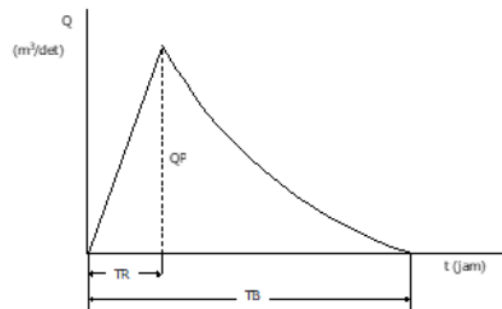
TB = waktu dasar (jam)

TR = waktu naik (jam)

S = landai sungai rata-rata

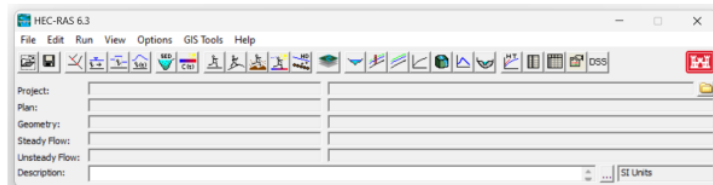
SN = frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat. Untuk penetapan tingkat sungai dapat dilihat pada

RUA = luas DAS sebelah hulu (km²)



Gambar 2 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetik Gama

HEC-RAS (Hidrologi Center River Analisis System) merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk keperluan perhitungan profil muka air dan hidraulik pada sistem jaringan sungai dan saluran. Ada dua jenis aliran yang dapat disimulasikan pada program HEC-RAS ini yaitu aliran langgeng (steady flow) dan aliran tak langgeng (unsteady flow). Pada penelitian ini digunakan model numerik untuk menyelesaikan permasalahan hidrolis (S. A. Istiarto, 2011).



Gambar 3 Tampilan Awal Program HEC-RAS

10

SWMM dibuat dan dikembangkan oleh institusi besar dan kredibel di negara maju, yaitu Office of Research and Development, Water Supply and Water Resources Division, United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). SWMM merupakan singkatan Storm Water Management Model.

EPA SWMM (Storm Water Management Model) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan pergerakan air hujan di permukaan tanah dan sistem drainase perkotaan (Al Amin, 2020). Meskipun EPA SWMM tidak secara khusus

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM

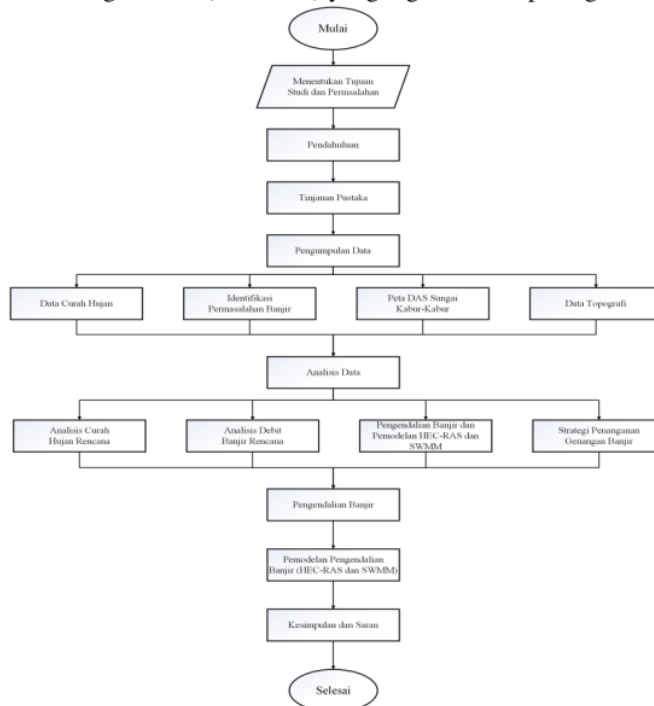
digunakan untuk analisis matematika tradisional, namun dapat digunakan dalam beberapa aspek analisis terkait sistem drainase perkotaan (M. P. Istiarto, 2014).

Kolam Retensi adalah kolam/waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu. Fungsinya untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam retensi dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami (Kementerian, 2018).

Kolam retensi di samping badan saluran/sungai terdiri dari bagian-bagian berupa kolam resapan, pintu inlet, bangunan pelimpah samping pintu outlet, saringan sampah, kolam sedimen. Cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas sehingga kapasitasnya optimal. Keunggulannya tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan (Kementerian, 2018).

Metode Penelitian

Sesuai dengan masalah penelitian yang diangkat, lokasi penelitian berada di DAS Sungai Kabur-Kabur Kabupaten Seram Bagian Timur. Kabupaten Seram Bagian Timur merupakan kabupaten bahari, yang terdiri dari 15 Kecamatan yang terdiri dari 50 pulau. Luas Kabupaten Seram Bagian Timur adalah 5779,12 km². Tahapan penelitian tergambar dalam diagram alir (flowchart) yang digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Tujuan Analisis hujan rencana ini adalah untuk menganalisis frekwensi yang menghasilkan curah hujan maksimum untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun. Perhitungan curah hujan maksimum ini dilakukan dengan metode Log Person type III, dan metode Gumbel. Setelah curah hujan maksimum diperoleh maka tahap selanjutnya adalah menghitung debit banjir rencana, untuk memperkirakan debit rencana yang akan terjadi dapat dihitung dengan hidrograf satuan sintesis metode Nakayasu. Debit yang diperoleh dari hasil analisis ini selanjutnya akan menjadi masukan dalam pemodelan banjir yang dilakukan pada tahap selanjutnya.

Untuk menganalisa kejadian banjir yang terjadi dikawasan DAS Sungai Kabur-Kabur di Kota Bula maka dilakukan pemodelan banjir secara matematis satu dimensi dengan menggunakan software HEC-RAS (Hydrologic Centre-River Analisis System). Melakukan langkah-langkah pengendalian banjir yang terjadi di beberapa titik kawasan Kota Bula dengan memakai pendekatan pengendalian banjir melalui pendekatan secara struktural dan non struktural. Pendekatan secara struktural meliputi Pembangunan Kolam Retensi dan Normalisasi Sungai, sedangkan pendekatan secara non struktural meliputi Early Warning System.

Hasil dan Pembahasan Ketersediaan Data Hujan

Data hidrologi didapat dari Stasiun Curah Hujan yang terdapat di Kabupaten Seram Bagian Timur yang masuk ke WS Ambon-Seram. Berikut nama-nama stasiun curah hujan yang menyediakan data curah hujan: 1) Bula: Desa Fattolo Kecamatan Bula. 2) Bobi: Desa Jakarta Baru Kecamatan Bula Barat. 3) Matakabo: Desa Matakabo Kecamatan Bula Barat.

Analisis Curah Hujan

Seperti yang sudah diungkapkan sebelumnya pada bab ketersediaan data hujan bahwa di Kabupaten Seram Bagian Timur terdapat tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Matakabo Bobi dan Bula. Akan tetapi setelah melihat Poligon Thesssen dari ketiga stasiun tersebut, hujan yang mempengaruhi DAS Kabur Kabur hanya hujan yang berasal dari Stasiun Hujan Bula.



Gambar 5 Hasil Analisis Stasiun Hujan

Data curah hujan dari Stasiun Bula dianalisis distribusinya dengan menggunakan 3 (tiga) metode yaitu Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM

III. Pengujian kecocokan sebaran dilakukan dengan metode Smirnov-Kolmogorof. Berikut di bawah ini analisis distribusi data curah hujan di Stasiun Bula untuk ketiga metode tersebut.

Tabel 1 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Analisis Frekuensi Hujan Rencana (mm)		
	Normal	Gumbel	Log Pearson III
2	100.72	96.94	97.10
5	124.16	130.25	122.88
10	136.44	152.30	139.13
25	146.49	180.17	158.95
50	157.93	200.84	173.29
100	165.75	221.37	187.35

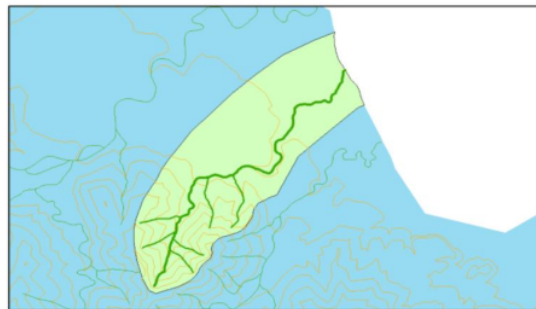
Tabel 2 Pemilihan Metode Distribusi Curah Hujan Rencana

No	Selisih untuk Nilai Kritis 5%		
	Normal	Gumbel	Log Pearson III
1	8.84	9.30	10.85
2	14.11	6.13	17.98
3	3.33	5.79	0.22
4	0.03	0.50	0.69
5	1.49	4.12	0.65
6	3.81	7.85	1.74
7	12.92	8.09	22.62
8	6.90	1.47	21.32
9	3.84	0.51	25.57
10	2.68	5.54	29.03
Selisih Maks	14.11	9.30	29.03
Uji Kecocokan	Diterima	Diterima	Diterima
Terpilih	DISTRIBUSI GUMBEL		

Dari hasil uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat bahwa Distribusi curah hujan stasiun Bula dapat diterima untuk semua metoda dengan selisih maksimum terkecil didapat pada Distribusi Gumbel sehingga untuk selanjutnya data curah hujan hasil Distribusi Gumbel akan digunakan untuk analisis selanjutnya.

Analisis Debit Banjir

Data Sungai Kabur Kabur yang digunakan sebagai input untuk menentukan debit banjir adalah sebagai berikut: (a) Panjang Sungai = 4,12 km. (b) Luas Daerah Tangkapan Hujan = 4,56 km². (c) Faktor Reduksi Luas = 1,000. (d) Koefisien Run off = 0,400 (Kebun)



Gambar 6 Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Kabur-Kabur

Daerah tangkapan hujan Sungai Kabur Kabur berada di Poligon Thiessen Bula. Oleh karena itu data curah hujan yang akan dipakai hanya data dari stasiun Bula. Untuk perhitungan debit banjir, dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) metode, yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama.

Tabel 3 Hasil Analisis Debit Banjir Sungai Kabur-Kabur

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan (mm)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)		Debit Banjir Rencana Maksimum (m ³ /dt)
		HSS Nakayasu	HSS Gama	
2	96.94	8.40	8.50	8.50
5	130.25	11.20	11.40	11.40
10	152.30	13.10	13.30	13.30
25	180.17	15.60	15.80	15.80
50	200.84	17.30	17.60	17.60
100	221.37	19.10	19.40	19.40

Karena Sungai Kabur-Kabur merupakan kategori DAS kritis dan berada di daerah penting, maka debit banjir yang dipakai yaitu debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q25) dengan metode HSS Gama yaitu sebesar 15.80 m³/dt.

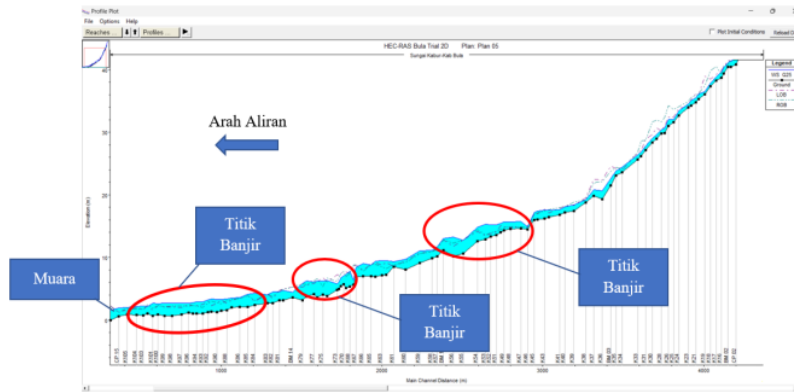
Analisis Hidrolika Sungai Kabur-Kabur Kondisi Eksisting Program HEC-RAS

Analisis hidrolika kondisi eksisting dilakukan dengan pemodelan Sungai Kabur-Kabur menggunakan program HEC-RAS. Berikut adalah hasil pemodelan area genangan banjir Sungai Kabur-Kabur, hasil pemodelan kondisi eksisting pada beberapa titik sungai yang dianggap mewakili hulu, tengah, dan hilir sungai serta hasil rekapitulasi hasil pemodelan HEC-RAS eksisting Sungai Kabur-Kabur.

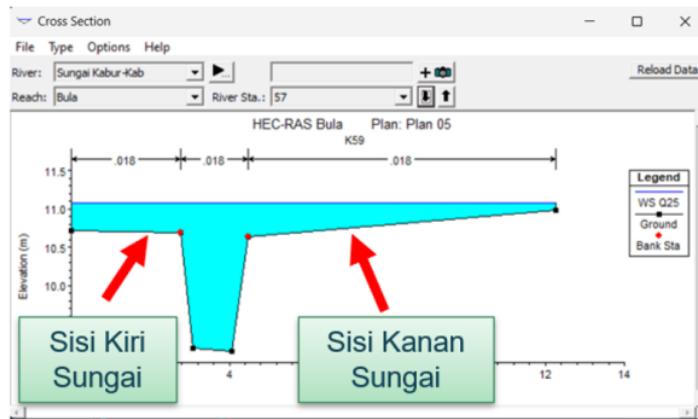


Gambar 7 Hasil Pemodelan Genangan Sungai Kabur-Kabur Q25

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM



Gambar 8 Hasil Pemodelan Potongan Memanjang Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan HEC-RAS



Gambar 9 Hasil Pemodelan Salah Satu Potongan Melintang Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan HEC-RAS

Tabel 4 Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

STA Sungai	Elevasi Muka Air	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting	Kondisi Sungai		Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran (m/dt)	Luasan Genangan (Ha)
	(m)	(m)	(m)	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan		
A. HULU SUNGAI									
K3	51.10	51.18	51.13	Aman	Aman	0.00	0.00	6.28	0.00
K4	49.09	47.94	47.54	Banjir	Banjir	1.15	1.55	0.96	1.86
K5	49.10	47.07	46.84	Banjir	Banjir	2.03	2.26	0.60	3.16
K6	49.10	45.86	46.44	Banjir	Banjir	3.24	2.66	0.49	4.25
K7	49.11	45.85	45.91	Banjir	Banjir	3.26	3.20	0.46	5.21
B. TENGAH SUNGAI									
K53	15.28	13.47	13.58	Banjir	Banjir	1.81	1.70	0.44	1.94
K54	14.88	14.21	14.52	Banjir	Banjir	0.67	0.36	2.63	0.79
K55	12.74	12.81	12.86	Aman	Aman	0.00	0.00	5.59	0.00

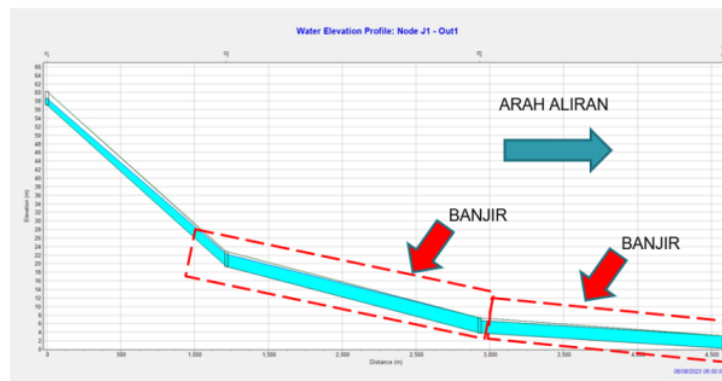
STA Sungai	Elevasi Muka Air	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting	Kondisi Sungai		Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran	Luasan Genangan
	(m)	(m)	(m)	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	(m/dt)	(Ha)
K56	13.31	11.76	12.26	Banjir	Banjir	1.55	1.05	1.05	1.54
BM 12	13.03	12.81	12.82	Banjir	Banjir	0.22	0.21	2.58	0.25
C. HILIR SUNGAI									
K106	1.76	1.18	1.40	Banjir	Banjir	0.58	0.36	1.00	0.35
K107	1.77	0.91	0.80	Banjir	Banjir	0.86	0.97	0.58	0.51
K108	1.76	1.09	0.76	Banjir	Banjir	0.67	1.00	0.72	0.64
K109	1.76	0.61	1.14	Banjir	Banjir	1.15	0.62	0.63	0.95
K110	1.50	0.98	0.94	Banjir	Banjir	0.52	0.56	2.17	0.22
K111	1.26	0.64	2.37	Banjir	Aman	0.62	0.00	2.81	0.08

Berdasarkan tabel tersebut, menunjukkan bahwa dalam kondisi eksisting, sebagian besar wilayah Sungai Kabur-Kabur mengalami banjir dengan kedalaman bervariasi baik pada hulu, tengah, maupun pada hilir sungai.

Program EPA SWMM

Sebagai pembandingan, pemodelan banjir pada Sungai Kabur-Kabur juga dilakukan dengan bantuan program SWMM (Storm Water Management Model). Analisis pemodelan Sungai Kabur-Kabur dengan program SWMM menggunakan curah hujan dan debit kala ulang 25 tahun. Berdasarkan hasil pemodelan, menunjukkan dengan debit banjir kala ulang 25 tahun (Q25) terjadi banjir pada Sungai Kabur-Kabur, khususnya di bagian tengah dan hilir sungai, yang artinya berada di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur di wilayah Kota Bula.

Berdasarkan hasil visualisasi dan pemodelan menggunakan program EPA SWMM, menunjukkan bahwa kedalaman banjir Sungai Kabur-Kabur pada saat debit kala ulang 25 tahun (Q25) mencapai ± 3.00 m.



Gambar 10 Hasil Pemodelan Banjir Sungai Kabur-Kabur Q25 dengan EPA SWMM

Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur

Perencanaan Kolam Retensi

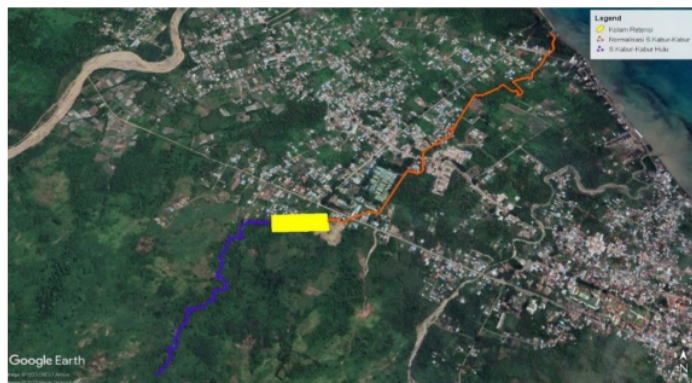
Kolam retensi direncanakan di bagian tengah Sungai Kabur-Kabur sebelum masuk ke wilayah Kota Bula. Kolam retensi dibangun di atas lahan seluas 3 Ha dengan elevasi di antara +16 sampai dengan +20 mdpl. Elevasi puncak tanggul direncanakan seragam pada elevasi +19 mdpl. Volume tampungan kolam retensi adalah 120.000 m³ dan dengan hujan Q25 akan terisi penuh dalam waktu 4 jam. Kelebihan debit akan dikeluarkan melalui Sungai Kabur-Kabur.



Gambar 11 Rencana Kolam Retensi

Normalisasi Sungai Kabur-Kabur

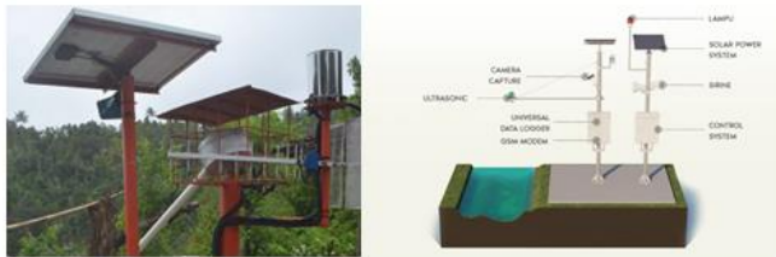
Sungai Kabur-Kabur mengalami penyempitan dimensi dari yang semula rata-rata lebar sungai 8 meter menjadi rata-rata 6 m. Normalisasi Sungai Kabur-Kabur dilakukan dari kolam retensi hingga ke hilir Sungai Kabur-Kabur dengan dilakukan pelebaran sungai menjadi 8 meter. Panjang normalisasi sungai yang direncanakan yaitu sepanjang 2.94 km.



Gambar 12 Rencana Normalisasi Sungai Kabur-Kabur

Early Warning System

Early warning system banjir adalah suatu sistem yang dirancang untuk mendeteksi, memantau, dan memberikan peringatan dini mengenai ancaman banjir kepada masyarakat dan pemangku kepentingan terkait (Sunusi, 2021). Tujuan utama dari sistem peringatan dini banjir adalah memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk mengambil tindakan pencegahan atau evakuasi sebelum banjir terjadi.

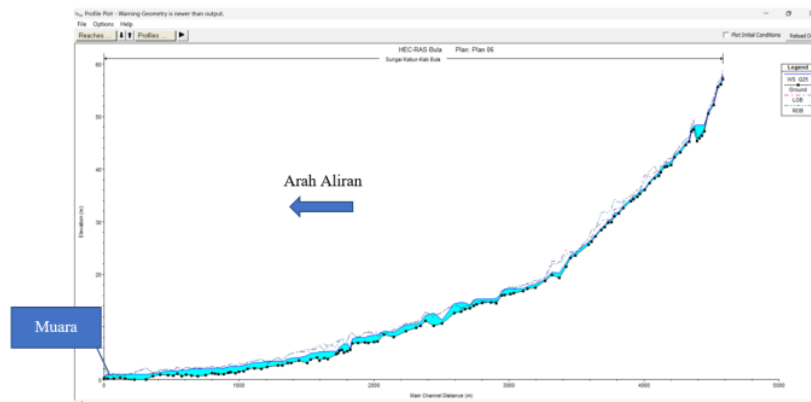


Gambar 13 Early Warning System Banjir

Validasi Hidrolika Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur

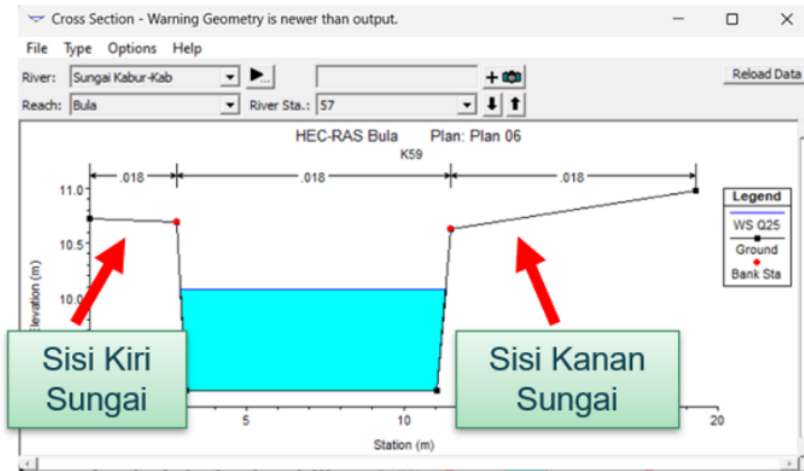
Program HEC-RAS

Analisis hidrolika pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Berikut adalah hasil Sungai Kabur-Kabur, pada beberapa titik sungai yang dianggap mewakili hulu, tengah, dan hilir sungai dan hasil rekapitulasi hasil pemodelan HEC-RAS pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur. Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui seberapa pengaruh pengendalian banjir yang direncanakan pada Sungai Kabur-Kabur di Kota Bula. Untuk kala ulang banjir yang digunakan yaitu dengan kala ulang 25 tahun (Q_{25}).



Gambar 14 Hasil Pemodelan Potongan Memanjang Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

Analisis Pengendalian Banjir pada DAS Sungai Kabur-Kabur di Wilayah Kota Bula dengan Pemodelan HEC-RAS dan EPA SWMM



Gambar 15 Hasil Pemodelan Salah Satu Potongan Melintang Pengendalian Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

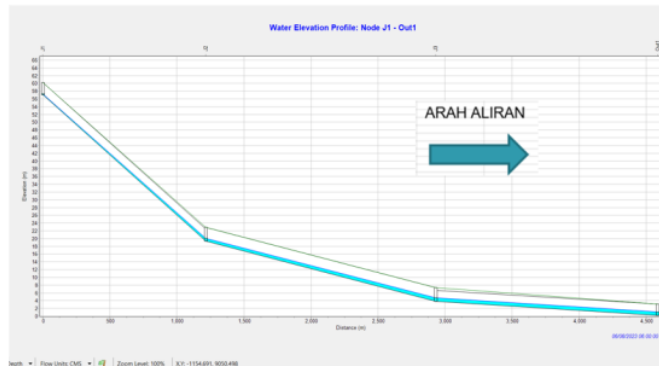
Tabel 5 Hasil Pemodelan Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan HEC-RAS

STA Sungai	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tanggul Kiri Eksisting (m)	Elevasi Tanggul Kanan Eksisting (m)	Kondisi Sungai		Tinggi Banjir (m)		Kecepatan Aliran (m/dt)	Luasan Genangan (Ha)
				Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan		
A. HULU SUNGAI									
K3	50.80	51.18	51.13	Aman	Aman	0.00	0.00	2.22	0.00
K4	47.31	47.94	47.54	Aman	Aman	0.00	0.00	0.21	0.00
K5	46.68	47.07	46.84	Aman	Aman	0.00	0.00	0.08	0.00
K6	45.64	45.86	46.44	Aman	Aman	0.00	0.00	0.05	0.00
K7	45.52	45.85	45.91	Aman	Aman	0.00	0.00	0.05	0.00
B. TENGAH SUNGAI									
K53	13.28	13.47	13.58	Aman	Aman	0.00	0.00	0.26	0.00
K54	13.83	14.21	14.52	Aman	Aman	0.00	0.00	2.19	0.00
K55	11.06	12.81	12.86	Aman	Aman	0.00	0.00	0.77	0.00
K56	10.59	11.76	12.26	Aman	Aman	0.00	0.00	0.22	0.00
BM 12	11.75	12.81	12.82	Aman	Aman	0.00	0.00	1.78	0.00
C. HILIR SUNGAI									
K107	0.41	0.91	0.80	Aman	Aman	0.00	0.00	0.28	0.00
K108	0.57	1.09	0.76	Aman	Aman	0.00	0.00	0.41	0.00
K109	0.36	0.61	1.14	Aman	Aman	0.00	0.00	0.23	0.00
K110	0.63	0.98	0.94	Aman	Aman	0.00	0.00	0.72	0.00
K111	0.60	0.64	2.37	Aman	Aman	0.00	0.00	1.13	0.00

Berdasarkan hasil analisis pada tabel di atas, menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur sudah tidak mengalami banjir, baik pada hulu, tengah, maupun bagian hilir sungai termasuk di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur bisa dilaksanakan.

Program EPA SWMM

Sebagai pembandingan, pemodelan banjir pada Sungai Kabur-Kabur juga dilakukan dengan bantuan program SWMM (Storm Water Management Model). Analisis pemodelan Sungai Kabur-Kabur dengan program SWMM menggunakan curah hujan dan debit kala ulang 25 tahun. Berdasarkan hasil visualisasi dan pemodelan menggunakan program EPA SWMM, menunjukkan bahwa dengan adanya rencana pengendalian banjir Sungai Kabur-Kabur dengan menggunakan kolam retensi dan normalisasi sungai, Sungai Kabur-Kabur sudah tidak mengalami banjir lagi.



Gambar 16 Hasil Pemodelan Pengendalian Banjir Sungai Kabur-Kabur dengan EPA SWMM

Kesimpulan

Kejadian Banjir Bula dimulai pada tahun 2016 sampai dengan saat ini. Tercatat setiap tahunnya Kota Bula sering terjadi Banjir, dengan puncak kejadian banjir berada pada bulan Februari-Juli. Terhitung sejak Tahun 2016 sudah beberapa kali penanganan secara struktur yang dilakukan oleh pihak pemerintah setempat, namun belum menjawab persoalan Banjir Bula. Kejadian banjir di wilayah Kota Bula disebabkan oleh meluapnya Sungai Kabur-Kabur.

Berdasarkan hasil analisis pemodelan eksisting dengan menggunakan debit kala ulang 25 tahun (Q25) menunjukkan bahwa banjir terdadi pada sebagian Sungai Kabur-Kabur. Penanganan banjir yang dilakukan di Kota Bula yaitu dengan menerapkan kolam retensi, normalisasi sungai, dan penerapan early warning system banjir. Berdasarkan hasil analisis validasi pengendalian banjir, menunjukkan bahwa penanganan banjir Sungai Kabur-Kabur mampu untuk menanggulangi masalah banjir di wilayah Kota Bula. Oleh karena itu, pengendalian banjir yang diterapkan dapat dilaksanakan.

BIBLIOGRAPHY

- Akbar, M., & Mangangka, I. R. (2016). Analisa Profil Muka Air Banjir Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1).
- Al Amin, M. B. (2020). *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Deepublish.
- Candra, A., Nazili, N., & Lalan, H. (2021). Analisa Kapasitas Penampang Sungai Batang Manggung Kota Pariaman Dengan Menggunakan Program Hec-Ras V 5.0. 3. *Journal of Applied Engineering Scienties*, 4(1), 40–63.
- Istiarto, M. P. (2014). Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS. *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Istiarto, S. A. (2011). 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. *Modul Pelatihan Tidak Diterbitkan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Junaidi, F. F. (2014). *Analisis distribusi kecepatan aliran sungai muski (ruas jembatan ampere sampai dengan pulau kemaro)*. Sriwijaya University.
- Kementerian, P. (2018). Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi. *Modul Diklat Teknis*, 1–41.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Penerbit Andi.
- Limantara Montarcih, L. (2010). Hidrologi Praktis. *Penerbit CV. Lubuk Agung Bandung*.
- Maryono, A. (2020). *Menangani banjir, kekeringan dan lingkungan*. Ugm Press.
- Nasional, B. S. (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. *SNI, 2415*, 2016.
- Puspitotanti, E., & Karmilah, M. (2022). Kajian Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Banjir. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2), 177–197.
- Putra, F. E. K., Romadhoni, A. Z., & Moe, I. R. (2019). Evaluasi Banjir di Kecamatan Bula Kabupaten Seram Bagian Timur. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 27(2), 260–267.
- Sosrodarsono, S. (1977). Hidrologi untuk pengairan. *(No Title)*.
- Sugiyanto, K. (2002). Penyebab Terjadinya Banjir. *Penyebab Banjir*.
- Sunusi, M. A. (2021). *Pengembangan Early Warning System Perlindungan Hortikultura (THE HOPERS_Dev): Laporan Proyek Perubahan*. PPMKP.

Copyright of Journal of Syntax Literate is the property of Ridwan Institute and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

21%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

14%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Syntax Corporation Student Paper	3%
2	id.scribd.com Internet Source	2%
3	123dok.com Internet Source	2%
4	www.scribd.com Internet Source	2%
5	bpsdm.pu.go.id Internet Source	2%
6	jurnalpengairan.ub.ac.id Internet Source	1%
7	repository.its.ac.id Internet Source	1%
8	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
9	pt.scribd.com Internet Source	1%

10	istiarto.staff.ugm.ac.id Internet Source	1 %
11	jim.unisma.ac.id Internet Source	1 %
12	ejournal.uniks.ac.id Internet Source	1 %
13	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1 %
14	docshare.tips Internet Source	1 %
15	sangaji-ahkam.blogspot.com Internet Source	<1 %
16	web.tatonas.co.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 17 words

Exclude bibliography On