

Simulasi Efektivitas Kolam Retensi Terhadap Pengendalian Banjir Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Bailang di Kota Manado

Daisy Josephine Tinangon¹, Liany Amelia Hendratta², Arthur Harris Thambas³

Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado¹

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado^{2,3}

E-mail: daisytinangon@gmail.com

Abstrak

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai penyebab banjir di Kota Manado. Sungai Bailang sering meluap sehingga mengakibatkan banjir dan menggenangi pemukiman di sekitar sungai. Kejadian banjir sangat merugikan masyarakat yang berada di sekitar sungai Bailang. Selain kerugian materi akibat banjir ini juga menimbulkan berbagai macam penyakit dan masyarakat terdampak tidak bisa beraktivitas atau bekerja. Penelitian ini mendapatkan debit banjir dengan analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS menggunakan parameter-parameter yang telah terkalibrasi. Kemudian dilakukan pemodelan penanganan kolam retensi dengan beberapa alternatif di berbagai kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Pemodelan dengan 3 (tiga) alternatif yaitu 1). kolam retensi Sub DAS Kilu; 2). kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan; dan 3). kolam retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan dan Bailang 1. Hasil simulasi diperoleh besaran banjir eksisting dan besaran banjir setelah adanya kolam retensi dengan 3 (tiga) alternatif pada kala ulang 2, 5, 10, 25 tahun. Dari 3 (tiga) alternatif diperoleh kolam retensi yang paling efektif pada kala ulang 25 tahun, yaitu alternatif dengan 2 (dua) buah kolam retensi (Sub DAS Kilu dan Pesawangan) yang mereduksi banjir sebesar 9%, lebih besar dibandingkan alternatif dengan 3 (tiga) buah kolam retensi (Sub DAS Kilu, Pesawangan, Bailang 1) sebesar 8%.

Kata kunci: Bailang, Banjir, HEC-HMS, Kolam Retensi, Manado.

Abstract

Bailang River is one of the rivers that cause flooding in Manado City. Bailang River often overflows, causing flooding and inundating settlements around the river. Flooding is very detrimental to the people living around the Bailang River. In addition to material losses from this flood, it causes various diseases, and affected communities cannot move or work. This study obtained flood discharge by hydrological analysis using the HEC-HMS program using calibrated parameters, then modeling of retention pond handling with several alternatives at various return times of 2, 5, 10, and 25 years and modeling with 3 (three) alternatives, namely 1). retention pond of Kilu Sub-watershed; 2). retention pond of Kilu Sub-watershed and Pesawangan; and 3). retention pond of Kilu Sub-watershed, Pesawangan, and Bailang 1. The simulation results obtained the existing flood magnitude and flood magnitude after the retention pond with 3 (three) alternatives at the return period of 2, 5, 10, and 25 years. Of the 3 (three) alternatives, the most effective retention pond was obtained at a return period of 25 years, namely the alternative with 2 (two) retention ponds (Sub-watershed Kilu and Pesawangan), which reduced flooding by 9%, more significant than the alternative with 3 (three) retention ponds (Sub-watershed Kilu, Pesawangan, Bailang 1) by 8%.

Keywords: Bailang, Flood, HEC-HMS, Retention Pond, Manado.

1. PENDAHULUAN

Kota Manado, sebagai pusat pemerintahan dan perekonomian Provinsi Sulawesi Utara, seringkali dilanda bencana banjir. Kota Manado dilalui oleh 5 (lima) sungai besar, yaitu Sungai Tondano, Sungai Tikala, Sungai Sario, Sungai Bailang dan Sungai Mahawu. Salah satu daerah aliran sungai (DAS) yang kerap mengalami permasalahan banjir di Kota Manado, yaitu DAS Bailang (Limpong et al., 2022). Frekuensi dan intensitas banjir di DAS Bailang cenderung meningkat dalam beberapa tahun terakhir, menyebabkan kerugian materi dan immateri yang signifikan bagi masyarakat (Prasetyadi, 2023; Waluyo, 2023). Dalam mengantisipasi kejadian banjir, salah satu program pemerintah Kota Manado adalah membangun bangunan pengendali banjir. Sungai Bailang merupakan salah satu sungai penyebab banjir di Kota Manado. Sungai Bailang berada di DAS Bailang dengan luas DAS 9.899,17 Ha.

Di sepanjang aliran Sungai Bailang telah padat dengan pemukiman. Apabila turun hujan, sungai ini sering meluap sehingga mengakibatkan banjir dan menggenangi pemukiman yang ada di sekitar sungai ini (Londa et al., 2021). Kejadian banjir ini sangat merugikan masyarakat yang berada di sekitar sungai. Selain kerugian materi akibat banjir ini juga menimbulkan berbagai macam penyakit dan masyarakat terdampak tidak bisa beraktivitas atau bekerja.

Permasalahan banjir di DAS Bailang ini kompleks dan multifaktorial, di antaranya adalah perubahan tata guna lahan, peningkatan intensitas curah hujan, dan kurangnya kapasitas infrastruktur drainase. Perubahan penggunaan lahan di DAS Bailang, khususnya di daerah sempadan sungai, didominasi oleh pembangunan gedung, dan berkurangnya daerah resapan air. Hal ini mengakibatkan peningkatan aliran permukaan dan debit banjir. Studi literatur menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan koefisien limpasan sehingga meningkatkan debit banjir secara signifikan (Londa et al., 2021). Curah hujan yang tinggi juga menjadi faktor penting penyebab banjir. Meningkatnya intensitas curah hujan dapat memperburuk situasi, terutama jika sistem drainase tidak dapat menampung volume air. Dalam beberapa kasus, intensitas curah hujan yang tinggi merupakan faktor utama terjadinya banjir (Rizkiah et al., 2015). Kurangnya kapasitas infrastruktur drainase untuk menampung peningkatan debit air juga menjadi permasalahan utama (Hendratta, 2014). Infrastruktur yang tidak memadai atau tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan air meluap dan membanjiri wilayah sekitarnya. Upaya struktural seperti pembangunan drainase seringkali tidak cukup untuk mengatasi peningkatan aliran banjir yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan dan curah hujan yang tinggi (Suherman & Firmansyaf, 2017).

Salah satu cara dalam mengendalikan banjir, yaitu dengan pembangunan kolam retensi. Kolam retensi merupakan salah satu infrastruktur pengendalian banjir yang berfungsi menampung sementara limpasan air hujan, sehingga dapat mengurangi debit puncak banjir yang mencapai sungai (Harmani & Soemantoro, 2015). Infrastruktur kolam retensi berperan penting dalam pengendalian banjir, karena memiliki fungsi antara lain: 1). menampung sementara limpasan air hujan: dengan menampung sementara limpasan air hujan, kolam retensi dapat mengurangi debit puncak banjir yang mencapai sungai (Syofyan, 2022). 2). meningkatkan kualitas air: kolam retensi dapat berfungsi sebagai pengendap sedimen dan polutan, sehingga dapat meningkatkan kualitas air sungai (Nedika et al., 2022; Rahayu et al., 2023). 3). menciptakan ruang terbuka hijau: kolam retensi dapat berfungsi sebagai ruang terbuka hijau yang dapat meningkatkan kualitas lingkungan dan estetika kota (Gumelar et al., 2024).

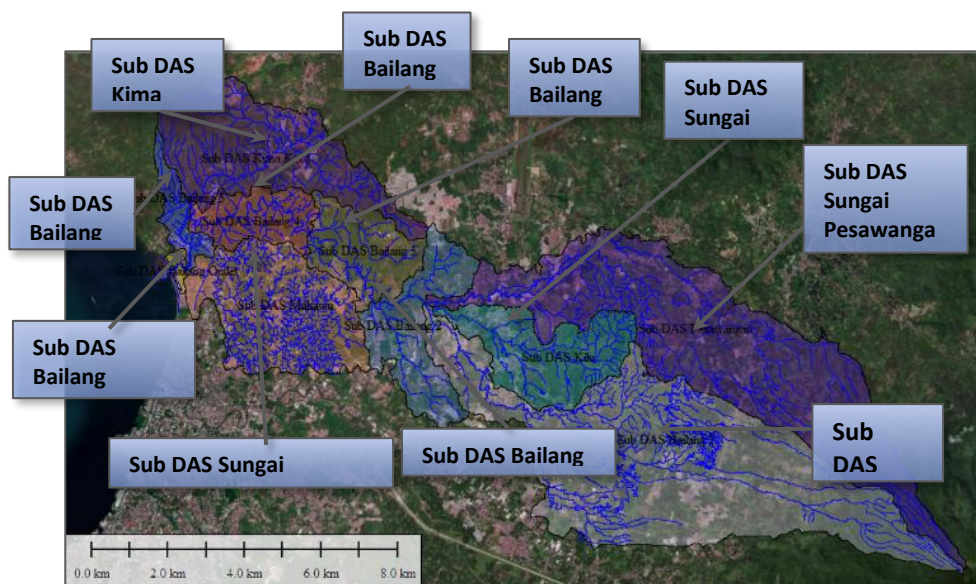
Kondisi bagian hilir sungai Bailang merupakan daerah padat pemukiman, menyebabkan sulitnya menambah kapasitas daya tampung sungai karena memerlukan lahan dan biaya yang

cukup besar. Oleh karena itu, salah satu alternatif pengendalian banjir di Sungai Bailang adalah penanganan di bagian hulu sungai dengan kolam retensi. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi efektivitas kolam retensi sebagai salah satu cara pengendalian banjir di bagian hulu Sungai Bailang. Tujuan penelitian ini, yaitu mendapatkan debit banjir eksisting di bagian hilir Sungai Bailang, dan mendapatkan debit banjir di bagian hilir setelah adanya kolam retensi dengan analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS. Pemodelan penanganan kolam retensi dengan beberapa alternatif di berbagai kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Pemodelan dengan 3 (tiga) alternatif yaitu 1). kolam retensi Sub DAS Kilu; 2). kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan; dan 3). kolam retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan dan Bailang 1. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menginformasikan kepada pihak terkait dalam penanganan banjir Kota Manado khususnya akibat luapan Sungai Bailang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Gambaran Umum Sungai Bailang

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai yang terletak di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Aliran sungai Bailang melalui beberapa kelurahan di Kota Manado, Sumompo dan Tuminting. Bantaran Sungai Bailang merupakan daerah rawan banjir, yang disebabkan karena intensitas air hujan yang tinggi, sehingga melebihi kapasitas debit air pada penampang sungai yang tersedia. Lokasi penelitian berada di DAS Bailang, Kota Manado, Provinsi Sulawesi utara (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian di DAS Bailang, Kota Manado

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan survei lokasi di lapangan kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data primer yang di dapatkan dari lapangan dan data sekunder yang di dapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS-I), yaitu data topografi (data *Digital Elevation Model*), data curah hujan, peta tata guna lahan, peta stasiun pencatat curah hujan, peta DAS dan data debit. Untuk analisis dan perhitungan banjir yang dihitung adalah banjir eksisting dengan kala ulang dan perhitungan banjir dengan kolam retensi 1 dan kolam retensi 2 dengan beberapa kala ulang.

Setelah mendapatkan debit banjir eksisting dan debit banjir rencana, dilakukan pemodelan banjir (hilir sungai) dengan HEC-HMS. Aplikasi HEC-HMS digunakan untuk pemodelan dalam mengestimasi limpasan permukaan akibat air hujan pada DAS yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* dari *US Army Corps of Engineering*. Model yang dihasilkan dengan HEC-HMS digunakan untuk pengamatan debit aliran pada daerah tangkapan air yang sangat jarang terpantau. Kelebihan aplikasi HEC-HMS, yaitu data curah hujan harian dan debit air digunakan sebagai input dalam membentuk model hidrologi (Mulyadi et al., 2020)

2.2.1 Pembagian Daerah Aliran Sungai (DAS) / Identifikasi Catchment Area

Pembagian Sub DAS Bailang dan *catchment area* berpengaruh terhadap lokasi studi. Pembagian Sub DAS berdasar peta DEM (*Digital Elevation Model*) dibantu dengan menggunakan citra dari Google Earth. Tabel 1 menyajikan rekapitulasi sub DAS Bailang/*catchment area* dan luasannya.

Tabel 1. Rekapitulasi DAS Bailang

No	Sub DAS	Luas (Ha)
1	Sub DAS Pesawangan	28,19
2	Sub DAS Kilu	7.98
3	Sub DAS Bailang 1	34.79
4	Sub DAS Bailang 2	6.95
5	Sub DAS Bailang 3	5.52
6	Sub DAS Bailang 4	3.99
7	Sub DAS Kima Kecil	12.78
8	Sub DAS Bailang 5	1.93
9	Sub DAS Mahawu	11.77
10	Sub DAS Outlet	0.36

2.2.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan DAS Bailang dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2023. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 pos hujan Talawaan. Analisis curah hujan membantu dalam mengidentifikasi wilayah yang berisiko tinggi terhadap banjir. Dengan mengetahui intensitas dan distribusi curah hujan, pihak berwenang dapat memetakan daerah-daerah yang rentan dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat (Estiningtyas et al., 2009; Rusdi et al., 2023)

Tabel 2. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Curah Hujan
2	119.756
5	159.865
10	193.911
25	246.835
50	294.544
100	350.417
1000	617.328

Pengujian data outlier dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah (Juaeni, 2012). Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Dalam penelitian ini curah hujan rancangan dilakukan dengan menggunakan metode Log Person III (Monica et al., 2022). Berdasarkan hasil analisis frekuensi dan uji derajat kepercayaan maka dapat disimpulkan metode Log Pearson III diterima. Metode Log Pearson III dapat digunakan untuk perencanaan dan analisis lebih lanjut, seperti merancang infrastruktur yang tahan terhadap kejadian ekstrem berdasarkan data hidrologi yang ada (Wulandari et al., 2023). Tabel 2 menunjukkan curah hujan rencana untuk beberapa periode ulang.

Selanjutnya, dilakukan analisis distribusi hujan jam–jaman yang merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar, yaitu pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya, dimana hujan terjadi selama 8-10 jam dengan distribusi jam-jaman: 54% di jam pertama, 22% di jam kedua, 8% di jam ketiga, 6% di jam keempat, 3% di jam kelima, 1% di jam keenam, 3% di jam ketujuh dan 3% di jam kedelapan (Salem et al., 2016). Perhitungan dilakukan dengan mengalikan besar hujan tiap kala ulang ke tiap persentase distribusi hujan pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang

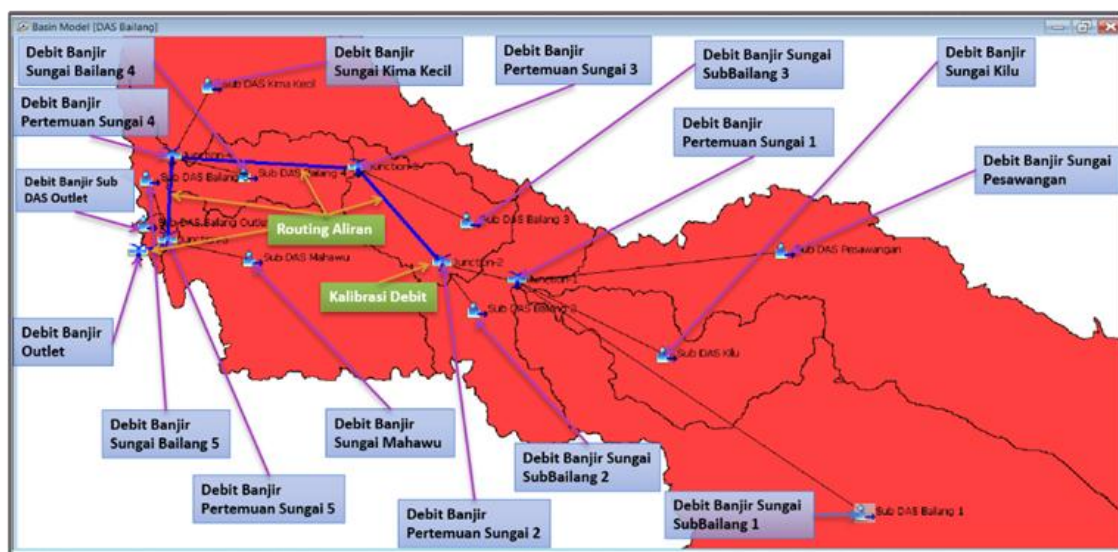
Jam Ke-	P (mm)				
	Kala Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
1	64.668	86.327	104.712	133.291	159.054
2	26.346	35.170	42.660	54.304	64.800
3	9.580	12.789	15.513	19.747	23.564
4	7.185	9.592	11.635	14.810	17.673
5	3.593	4.796	5.817	7.405	8.836
6	1.198	1.599	1.939	2.468	2.945
7	3.593	4.796	5.817	7.405	8.836
8	3.593	4.796	5.817	7.405	8.836
P (mm)	119.756	159.865	193.911	246.835	294.544

Kemudian, dilakukan perhitungan nilai *SCS Curve Number (CN)*. 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. Pada DAS Bailang terdapat beberapa jenis tutup lahan sesuai data GIS dari BWSS-I. Nilai rerata *CN* untuk DAS Bailang di titik Jembatan Bailang diperoleh dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai *CN* tiap tutup lahan dengan presentase luas lahan terhadap luas total, dan diperoleh nilai rerata *CN* untuk DAS Bailang adalah 79,169. Nilai *CN* mencerminkan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti jenis tanah, vegetasi, dan tutupan lahan. Nilai *CN* berkisar antara 35 hingga 100, dimana nilai yang lebih rendah menunjukkan kemampuan infiltrasi yang lebih tinggi, sedangkan nilai yang lebih tinggi menunjukkan limpasan permukaan yang lebih besar (Delani & Dasanto, 2016).

2.2.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Selanjutnya, dilakukan analisis debit banjir rencana dengan model HEC-HMS. Model HEC-HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS. Model HEC-HMS mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisa hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan (Suripin & Kurniani, 2016). Di dalam model ini, terdapat beberapa macam metode hidrograf satuan sintetik. Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi ini digunakan hidrograf satuan sintetik dari SCS (*Soil Conservation Service*) dengan menganalisis beberapa parameternya, maka hidrograf ini dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi studi.

Lalu, dilakukan kalibrasi dimana nilai 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 (Palit et al., 2022). Kalibrasi dilakukan pada DAS penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan. Kalibrasi dilakukan hanya pada debit puncak. Pada penelitian ini menggunakan Pos Curah Hujan Talawaan-Talawaan dan Pos Debit/Tinggi Muka Air adalah Pos Bailang-Bengkol dengan waktu dasar kalibrasi yakni 26-27 Oktober 2022. Pos Curah Hujan Talawaan-Talawaan = 66 mm, dan pos debit / tinggi muka air Bailang-Bengkol tertinggi 75,58 m³ pada pukul 20:00. Skematisasi pemodelan HEC-HMS disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematisasi Pemodelan HEC-HMS

Setup model dilakukan terhadap komponen-komponen berikut:

- Basin model, berisi elemen-elemen DAS, hubungan antar elemen dan parameter aliran, seperti Luas DAS / Catchment, Transform method : SCS unit hydrograph, Loss : SCS Curve Number, Baseflow : Recession.
- Meteorological model – berisi data hujan dan penguapan. Simulasi dilakukan terhadap hujan rencana periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun
- Control Specification – berisi waktu mulai dan berakhirnya hitungan. Simulasi dilakukan dengan periode = 120 jam.

- d. Time series data – berisi masukan data antara lain hujan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengurangan Banjir pada Curah Hujan 66 mm

Tabel 4 menunjukkan prosentase pengurangan puncak banjir pada titik outlet dengan hujan 66 mm. Berdasarkan tabel ini terlihat perbedaan debit banjir yang dihasilkan oleh beberapa alternatif dimana prosentase pengurangan terbesar ada pada solusi alternatif dengan kolam retensi di Sub DAS Kilu, Pesawangan, dan Bailang I yakni 49%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk curah hujan aktual yakni 66mm dengan tinjauan 3 sub DAS di atas dapat mereduksi banjir lebih banyak dibandingkan dengan alternatif lain. Namun perlu dilakukan tinjauan untuk penelitian lanjutan pada alternatif solusi dengan kombinasi kolam retensi Sub Das yang lain misalnya Sub Das Mahawu, Bailang II, Bailang III, Bailang IV, Bailang V, dan Kima.

Tabel 4. Resume Pengurangan Banjir pada Curah Hujan 66 mm

No.	Alternatif	Debit Banjir Sebelum (m ³ /s)	Debit Banjir Setelah (m ³ /s)	Persentase Pengurangan (%)
1	Tanpa kolam retensi	85	85	0
2	Dengan kolam retensi Sub DAS Kilu	85	81	-5
3	Dengan kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan	85	63.1	-26
4	Dengan kolam retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan, dan Bailang I	85	43.2	-49

3.2 Pemodelan Banjir dengan Kala Ulang

1) Pemodelan dengan kolam retensi Sub DAS Kilu

Resume pengurangan puncak banjir di titik outlet dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu pada berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan pada Tabel 5 dapat terlihat bahwa prosentase pengurangan debit banjir terbesar ada pada permodelan kala ulang dua tahun yakni sebesar 6%. Sementara tidak ada perbedaan signifikan prosentase pengurangan debit pada kala ulang 5, 10, dan 25 tahun. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan tinjauan waktu hujan dalam kurun waktu tertentu.

Tabel 5. Resume Pengurangan Puncak Banjir di Titik Outlet Kolam Retensi Sub DAS Kilu

No.	Pemodelan	Besaran Hujan (mm)	Debit Banjir Sebelum (m ³ /s)	Debit Banjir Setelah (m ³ /s)	Persentase Pengurangan (%)
1	Hujan Aktual	66	85	81	-5
2	Kala Ulang 2 Tahun	119	246.5	232.8	-6
3	Kala Ulang 5 Tahun	159	405.5	393.2	-3
4	Kala Ulang 10 Tahun	193	559.1	544.2	-3
5	Kala Ulang 25 Tahun	246	823.7	801.4	-3

2) Pemodelan dengan kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan

Resume pengurangan puncak banjir di titik outlet dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan pada berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 6 dimana pada kondisi ini, prosentase pengurangan debit banjir terjadi pada saat hujan aktual 66mm. Dengan bertambahnya kala ulang waktu hujan, terlihat bahwa prosentase pengurangan tidak signifikan khususnya pada waktu kala ulang 5, 10, dan 25 tahun walaupun dengan penambahan besaran hujan.

Tabel 6. Resume Pengurangan Puncak Banjir di Titik Outlet Kolam Retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan

No.	Pemodelan	Besaran Hujan (mm)	Debit Banjir Sebelum (m ³ /s)	Debit Banjir Setelah (m ³ /s)	Persentase Pengurangan (%)
1	Hujan Aktual	66	85	63.1	-26
2	Kala Ulang 2 Tahun	119	246.5	217.2	-12
3	Kala Ulang 5 Tahun	159	405.5	367.5	-9
4	Kala Ulang 10 Tahun	193	559.1	510.8	-9
5	Kala Ulang 25 Tahun	246	823.7	746.6	-9

3) Pemodelan Banjir Sub DAS Kilu, Pesawangan, dan Bailang 1

Resume pengurangan puncak banjir di titik outlet dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan, dan Bailang 1 pada berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 7. Terlihat bahwa pengurangan debit banjir terbesar ada pada hujan aktual 66mm dengan prosentase pengurangan 49%. Dalam kondisi dengan memperhitungkan alternatif tiga kolam retensi pada tiga Sub DAS dapat dilihat bahwa prosentase pengurangan debit banjir tidak signifikan seiring bertambahnya waktu hujan dan besaran hujan. Terlihat bahwa pada kala ulang 25 tahun, prosentase pengurangan debit banjir adalah sebesar 8 persen.

Tabel 7. Resume Pengurangan Puncak Banjir di Titik Outlet Kolam Retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan, dan Bailang 1

No.	Pemodelan	Besaran Hujan (mm)	Debit Banjir Sebelum (m ³ /s)	Debit Banjir Setelah (m ³ /s)	Persentase Pengurangan (%)
1	Hujan Aktual	66	85	43.2	-49
2	Kala Ulang 2 Tahun	119	246.5	215.4	-13
3	Kala Ulang 5 Tahun	159	405.5	366.6	-10
4	Kala Ulang 10 Tahun	193	559.1	518.4	-7
5	Kala Ulang 25 Tahun	246	823.7	757.9	-8

Berdasarkan hasil analisa dari tiga permodelan di atas, hasil analisis menunjukkan alternatif dengan 2 buah kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan adalah yang paling efektif pada kala ulang 25 tahun dimana prosentase pengurangan debit banjir adalah sebesar 9%.

Kolam retensi dirancang untuk menampung air limpasan selama periode hujan deras, yang dapat mengurangi puncak aliran air yang menyebabkan banjir. Dengan mensimulasikan efektivitas kolam retensi, kita dapat mengetahui sejauh mana kolam ini dapat mengurangi volume air yang mengalir ke daerah-daerah yang rentan banjir. Penelitian ini membantu dalam

menentukan kapasitas optimal kolam retensi untuk mengendalikan banjir secara efektif (Pramono & Saputro, 2022). Selain itu, simulasi efektivitas kolam retensi memberikan data penting yang dapat digunakan dalam perencanaan dan desain infrastruktur pengendalian banjir. Informasi ini sangat berharga untuk merancang sistem drainase dan infrastruktur lainnya yang lebih efisien dan tahan terhadap banjir (Khoiri et al., 2022). Penelitian ini menyediakan data empiris yang dapat digunakan oleh Pemerintah Kota Manado dalam mengambil keputusan berbasis data. Dengan demikian, Pemerintah Daerah dapat mendesain infrastruktur pengendalian banjir dengan bijak dan efisien, mengurangi risiko kerugian ekonomi dan sosial akibat banjir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis dapat disimpulkan dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu maka debit banjir di outlet DAS Bailang dapat tereduksi masing-masing untuk kala ulang 2 tahun = 6%, kala ulang 5 tahun = 3%, kala ulang 10 tahun = 3%, dan kala ulang 25 tahun = 3%. Dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan dapat mereduksi banjir di outlet DAS Bailang dengan kala ulang 2 tahun = 12%, kala ulang 5 tahun = 9%, kala ulang 10 tahun = 9% dan kala ulang 25 tahun = 9 %. Sedangkan, dengan adanya kolam retensi Sub DAS Kilu, Pesawangan dan Bailang 1 dapat mereduksi debit banjir di outlet DAS Bailang masing-masing untuk kala ulang 2 tahun = 13%, kala ulang 5 tahun = 10%, kala ulang 10 tahun = 7% dan kala ulang 25 tahun = 8%. Pada kala ulang 25 tahun dengan 3 (tiga) kolam retensi mereduksi banjir lebih kecil di banding 2 (dua) kolam retensi. Hal ini terjadi karena reduksi banjir untuk 3 (tiga) kolam retensi mengalami waktu puncak banjir secara bersama-sama. Supaya infrastruktur kolam retensi berfungsi efektif disarankan agar dibuat kolam retensi Sub DAS Kilu dan Pesawangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi I yang turut berkontribusi dalam pemberian data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Delani, O. M., dan Dasanto, B. D., (2016), Perbandingan hidrograf banjir menggunakan beberapa metode perhitungan curah hujan efektif (Studi kasus: DAS Cisadane Hulu), *Jurnal Sumber Daya Air*, Issue:2, Vol. 12, pp. 187–198.
- Estiningtyas, W., Boer, R., dan Buono, A., (2009), Analisis hubungan curah hujan dengan kejadian banjir dan kekeringan pada wilayah dengan sistim usahatani berbasis padi di Propinsi Jawa Barat, *Agromet*, Issue:1, Vol. 23, pp. 11–19.
- Gumelar, A., Susanti, S., Islami, F. S., dan Permatasari, R., (2024), Studi kelayakan pembangunan kolam retensi di Wilayah Kecamatan Sukarami Kota Palembang, *Jurnal Teknik Sipil Lateral*, Issue:1, Vol. 2, pp. 1–8.
- Harmani, E., dan Soemantoro, M., (2015), Kolam retensi sebagai alternatif pengendali banjir, *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, Issue 1, Vol. 1, pp. 71–80.
- Hendratta, L. A., (2014), Optimalisasi sistem jaringan drainase jalan raya sebagai alternatif penanganan masalah genangan air, *Tekno Sipil*, Issue:61, Vol. 12, pp. 9–24.

- Juaeni, I., (2012), Analisis outlier data curah hujan berdasarkan tropical rainfall measuring mission untuk wilayah Jawa-Bali, *Majalah Sains Dan Teknologi Dirgantara*, Issue:1, Vol. 7, pp. 18–26.
- Khoiri, A. H., Andawayanti, U., dan Riyanto, H., (2022), Kajian efektivitas kolam retensi dalam mereduksi banjir Jalan Raya Porong Kabupaten Sidoarjo dengan *storm water management model*, *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, Issue:2, Vol. 2, pp. 142–155.
- Limpong, J. A., Mananoma, T., dan Sumarauw, J. S. F., (2022), Kajian pengendalian banjir di Sungai Bailang Kecamatan Bunaken Kota Manado, *Tekno*, Issue:82, Vol. 20, pp. 719–729.
- Londa, K. K., Sela, R. L. E., dan Warouw, F., (2021), Urban stream buffer kawasan sempadan Sungai Bailang di Kota Manado, *Sabua*, Issue:2, Vol. 10, pp. 40–49.
- Monica, Muiadi, dan Adriat, R. (2022). Penentuan jenis distribusi probabilitas dan intensitas curah hujan di Pulau Kalimantan, *Prisma Fisika*, Issue:1, Vol. 10, pp. 109–114.
- Mulyadi, R., Sulistioadi, Y. B., dan Suhardiman, A., (2020), Pemodelan hidrologi dengan HEC-HMS di Sub-DAS Karangmumus Samarinda, *Ulin-Jurnal Hutan Tropis*, Issue:1, Vol. 4, pp. 20–29.
- Nedika, R., Yulistia, E., Rahayu, S. N., dan Al Bashir, M., (2022), Fungsi rawa buatan sebagai media penampungan air hujan untuk mencegah banjir dan meningkatkan kualitas air tanah di PT. Semen Baturaja OKU, *UEEJ-Unbara Environmental Engineering Journal*, Issue:1, Vol. 3, pp. 1–8.
- Palit, I. E. G., Sumarauw, J. S. F., dan Tangkudung, H., (2022), Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Tikala di titik jembatan gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala, *Tekno*, Issue:82, Vol. 20, pp. 775–785.
- Pramono, A. N., dan Saputro, P. T., (2022), Efektivitas kolam retensi terhadap pengendalian banjir (Studi kasus : Polder Tawang Semarang), *G-SMART*, Issue:2, Vol. 4, pp. 94–107.
- Prasetyadi, K. O., (2023), *Warga Manado Senantiasa Pasrah Jadi Korban Banjir*, <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/05/12/warga-manado-senantiasa-pasrah-jadi-korban-banjir>. Diakses tanggal 20 Juli 2024.
- Rahayu, U., Wahyudi, S. I., Rochim, A., dan Sentani, A., (2023), Analisis sedimentasi pada kolam retensi rolak 70 di Jombang menggunakan alat korinofaction 3.0, *Pondasi*, Issue:1, Vol. 28, pp. 139–153.
- Rizkiah, R., Poli, H., dan Supardjo, S., (2015), Analisis faktor-faktor penyebab banjir di Kecamatan Tikala Kota Manado, *Spasial*, Issue:1, Vol. 1, pp. 105–112.
- Rusdi, Haris, Nyompa, S., Musyawarah, R., Amda, M., Nasrul, Nur, M. M., dan Maru, R., (2023), Analisis data curah hujan wilayah untuk mengurangi resiko terjadinya banjir di Kota Makassar, *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian*, Makassar, 28-29 November 2023.
- Salem, H. P., Sumarauw, J. S. F., dan Wuisan, E. M., (2016), Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan sekitarnya, *Jurnal Sipil Statik*, Issue:3, Vol. 4, pp. 203–210.
- Suherman, H., dan Firmansyaf, A., (2017), Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir di wilayah hilir aliran Kali Angke, *Konstruksia*, Issue:2, Vol. 8, pp. 79–95.
- Suripin, dan Kurniani, D., (2016), Pengaruh perubahan iklim terhadap hidrograf banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang, *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, Issue:2, Vol. 22, pp. 119–128.
- Syofyan, Z., (2022), Kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir pada daerah aliran sungai Batang Pangian, *Rang Teknik Journal*, Issue:1, Vol. 5, pp. 124–136.
- Waluyo, D. T., (2023). *Cara Kota Manado Kurangi Resiko Banjir*, <https://www.infopublik.id/kategori/sorot-ekonomi-bisnis/706480/cara-kota-manado-kurangi-resiko-banjir>. Diakses tanggal 20 Juli 2024.
- Wulandari, A., Mashadi, A., dan Sulistyorini, D., (2023), Analisis distribusi curah hujan di Sub DAS Opak Hulu menggunakan metode aritmatika, Poligon Thiessen, Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel, *Renovasi*, Issue:1, Vol. 8, pp. 31–38.