

ANALISIS PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN TERHADAP DEBIT BANJIR DAS MOLIBAGU MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-HMS DENGAN METODE SCS CN

(ANALYSIS OF LAND USE CHANGES ON FLOOD DISCHARGE IN MOLIBAGU WATERSHED USING HEC-HMS APPLICATION WITH SCS CN METHOD)

Ficky Marcellino Oroh¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

E-mail: fickyoroh19@unsrat.ac.id

Diterima 8 Juli 2025, Disetujui 27 Oktober 2025

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan di wilayah perkotaan berdampak langsung terhadap peningkatan debit banjir, khususnya di kawasan daerah aliran sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir di DAS Molibagu dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS dan metode SCS Curve Number (CN). Data yang digunakan meliputi curah hujan, peta penggunaan lahan, dan jenis tanah tahun 2011 dan 2020 yang diperoleh dari citra satelit dan data instansi teknis. Analisis hidrologi dilakukan melalui pemodelan curah hujan menjadi debit banjir menggunakan HEC-HMS versi 4.6.1, yang telah dikalibrasi berdasarkan data observasi lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CN meningkat dari 42,04 menjadi 42,20 dan koefisien pengaliran dari 0,412 menjadi 0,415, seiring meningkatnya area lahan terbangun. Simulasi menunjukkan peningkatan debit puncak signifikan, terutama pada kala ulang 100 tahun dari 329,80 m³/s (2011) menjadi 611,47 m³/s (2020). Temuan ini mengindikasikan bahwa perubahan tata guna lahan meskipun kecil dapat meningkatkan risiko banjir secara signifikan. Hasil studi ini dapat dijadikan acuan dalam perencanaan tata ruang dan pengendalian banjir berbasis data.

Kata kunci: DAS; Debit banjir; HEC-HMS; Tata guna lahan; SCS CN

ABSTRACT

Rapid land use changes in urban areas are often unavoidable and directly affect the increase in flood discharge, especially in Land use changes in urban watershed areas directly affect the increase in flood discharge. This study aims to analyze the impact of land use change on flood discharge in the Molibagu Watershed using the HEC-HMS application and the SCS Curve Number (CN) method. The study utilized rainfall data, land use maps, and soil type data for the years 2011 and 2020 obtained from satellite imagery and official technical agencies. Hydrological modeling was conducted using HEC-HMS version 4.6.1, which was calibrated based on field observation data. The results indicate an increase in CN value from 42.04 to 42.20 and a runoff coefficient from 0.412 to 0.415, in line with the expansion of built-up areas. Simulations show a significant increase in peak discharge, particularly for the 100-year return period, from 329.80 m³/s (2011) to 611.47 m³/s (2020). These findings indicate that even small changes in land use significantly increase flood risk. The study's results can serve as a reference for spatial planning and data-driven flood control strategies.

Keywords: Watershed; Flood discharge; HEC-HMS; Land use; SCS CN

PENDAHULUAN

Peningkatan intensitas curah hujan merupakan salah satu faktor dominan yang memicu peningkatan frekuensi dan intensitas banjir di daerah aliran sungai (DAS) [1]. Curah hujan dengan intensitas tinggi menyebabkan kenaikan limpasan permukaan secara cepat, yang kemudian meningkatkan risiko banjir dalam waktu singkat [2]. Selain itu, pola perubahan penggunaan lahan—seperti meningkatnya permukaan kedap air akibat pembangunan—memperburuk potensi banjir, seperti yang diamati di DAS Hulu dan kawasan perkotaan lainnya [3].

Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan di Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu wilayah yang rentan terhadap bencana banjir tahunan [4]. Kerentanan ini dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang tinggi serta kondisi topografi yang didominasi oleh perbukitan dan lembah sempit [5]. Keberadaan sejumlah sungai besar yang melintasi wilayah ini turut memperbesar potensi risiko banjir, terutama saat terjadi hujan ekstrem dalam durasi yang panjang [6].

Dalam siklus hidrologi, air hujan yang tidak ditahan oleh vegetasi atau permukaan kedap seperti atap dan jalan beton akan mencapai permukaan tanah, dan kemudian mengalami tiga proses utama: menguap ke atmosfer, meresap (infiltrasi), atau tertahan di cekungan permukaan (depression storage) [7]. Setelah kapasitas infiltrasi dan cekungan tersebut terpenuhi, kelebihan air hujan akan mengalir di atas permukaan tanah menuju aliran terdekat, membentuk limpasan (runoff) [8].

Dalam sistem hidrologi, aliran sungai yang terkait limpasan (runoff) dipengaruhi oleh dua kelompok faktor utama: meteorologi dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS) [1], [9]. Pertama, faktor meteorologi mencakup intensitas hujan, durasi, dan distribusi spasial-temporal curah hujan—komponen kritis yang memengaruhi besar dan laju limpasan [2]. Kedua, karakteristik DAS—termasuk luas dan bentuk catchment, topografi (kemiringan dan elevasi), jenis tanah, serta tata guna lahan—juga berperan besar dalam menentukan respons hidrologis [10]. Misalnya, topografi curam mempercepat aliran permukaan, sedangkan penggunaan lahan yang semakin urban meningkatkan permukaan kedap air sehingga memperbesar volume runoff [11].

Salah satu penyebab utama terjadinya banjir di DAS Molibagu adalah peningkatan volume limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan [3], [12]. Alih fungsi kawasan hutan menjadi permukiman mengurangi kemampuan lahan untuk menyerap air hujan [11]. Akibatnya, aliran air hujan tidak lagi terserap ke dalam tanah secara optimal, melainkan langsung mengalir ke permukaan dan menuju ke sungai, sehingga meningkatkan debit aliran secara signifikan [2].

Banjir di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan juga dipengaruhi oleh kondisi topografi yang sebagian besar terdiri dari perbukitan dan lembah [5]. Ketika curah hujan tinggi, air mengalir dengan cepat ke dataran rendah, meningkatkan potensi banjir [6]. Selain itu, kerusakan lingkungan akibat penebangan liar, aktivitas penambangan yang tidak terkendali, serta kebiasaan

membuang sampah sembarangan di sekitar sungai turut memperparah kondisi DAS dan memperbesar risiko banjir [13], [14].

Berdasarkan permasalahan tersebut, kajian terhadap risiko banjir di DAS Molibagu menjadi penting untuk dilakukan sebagai dasar dalam merancang sistem pengendalian banjir yang tepat dan berkelanjutan.

Cakupan Rencana Penelitian

Perencanaan dalam penelitian hidrologi merupakan langkah awal untuk memahami dan mencari solusi terhadap masalah air, terutama banjir. Tahap ini membantu merancang cara analisis yang tepat dengan memperhatikan data teknis dan kondisi lapangan.

Penelitian ini fokus pada masalah banjir di DAS Molibagu, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, yang disebabkan oleh meningkatnya limpasan air karena perubahan tata guna lahan dan curah hujan tinggi. Untuk menganalisis hal tersebut, digunakan metode SCS Curve Number (CN) yang disimulasikan dengan bantuan aplikasi HEC-HMS. Tujuannya adalah mengetahui seberapa besar dampak perubahan lahan terhadap debit banjir dan mencari solusi penanganan banjir secara struktural dan non-struktural.

Kajian Karakteristik Hidrologi

Kajian Karakteristik hidrologi dalam penelitian ini bertujuan untuk menghitung debit banjir maksimum yang terjadi akibat hujan ekstrem di wilayah studi. Proses perhitungan diawali dengan pengolahan data curah hujan historis yang kemudian digunakan untuk menghitung hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen. Selanjutnya, dilakukan penentuan hujan rencana berdasarkan periode ulang tertentu serta analisis hujan maksimum tahunan.

Analisis frekuensi dilakukan menggunakan beberapa pendekatan distribusi probabilitas, yaitu distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III [15], [16]. Hasil dari distribusi tersebut diuji kesesuaiannya melalui dua metode uji statistik, yaitu uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi-kuadrat, guna menentukan distribusi terbaik yang mewakili karakteristik data hujan wilayah [17].

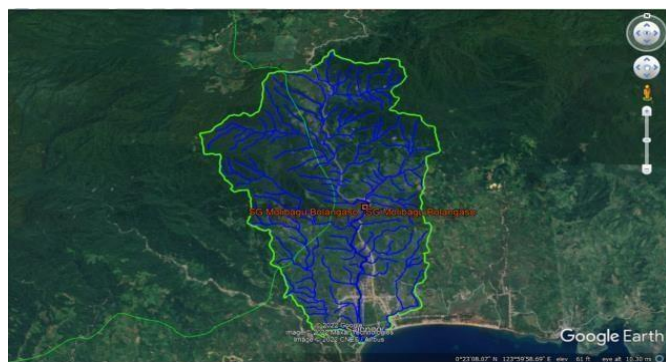
Untuk menganalisis limpasan permukaan (runoff), digunakan metode Soil Conservation Service (SCS) untuk menghitung hujan efektif [5], yang dikombinasikan dengan kajian jenis tanah dan kapasitas infiltrasi. Selain itu, analisis tata guna lahan di daerah aliran sungai (DAS) juga dilakukan sebagai komponen penting dalam penentuan nilai Curve Number (CN) [10].

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS versi 4.6.1, yang memanfaatkan metode SCS Curve Number sebagai pendekatan utama dalam pemodelan hidrologi [14]. Hasil pemodelan kemudian dikalibrasi dengan data observasi debit lapangan untuk meningkatkan akurasi simulasi. Selanjutnya, dilakukan analisis hidrologi untuk beberapa skenario simulasi variasi debit guna mengevaluasi respon DAS terhadap perubahan karakteristik hujan dan penggunaan lahan.

METODE

Lokasi Penelitian

Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, dengan ibu kota Molibagu, memiliki luas wilayah sekitar 1.615,56 km² dan jumlah penduduk 87.012 jiwa. Wilayah ini beriklim tropis dengan suhu 20–30°C, curah hujan rata-rata 1.500 mm per tahun, dan sekitar 95 hari hujan setiap tahunnya. Topografinya bervariasi, mulai dari datar hingga berbukit, dengan jenis tanah dominan berupa latosol. Sungai Molibagu terletak di Kecamatan Bolaang Uki dan merupakan salah satu dari enam sungai utama yang melintasi wilayah ini. Sungai ini membentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Molibagu dengan luas 50,58 km² dan panjang sungai 14,75 km.



Gambar 1. DAS Molibagu

Parameter dan Komponen Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh kondisi tata guna lahan di DAS Molibagu terhadap debit banjir. Beberapa hal yang dikaji dalam penelitian ini antara lain Pertama, curah hujan, yang dihitung berdasarkan data hujan dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Kedua, topografi, yang meliputi kemiringan lahan, luas DAS, kemiringan sungai, dan panjang sungai. Ketiga, jenis tanah, dilihat dari daya serap, jenis, dan teksturnya. Keempat, tata guna lahan, seperti jenis tutupan lahan, vegetasi, dan aktivitas masyarakat di wilayah DAS. Kelima, time lag, yaitu waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mencapai debit puncak. Keenam, baseflow, yaitu aliran sungai yang berasal dari air tanah. Untuk mendukung perencanaan penataan lahan, penelitian ini juga menghitung nilai Curve Number (CN), debit banjir maksimum, dan volume limpasan air permukaan. Semua data tersebut dianalisis menggunakan model HEC-HMS untuk memahami kondisi banjir di DAS Molibagu.

Teknik Pengumpulan Data

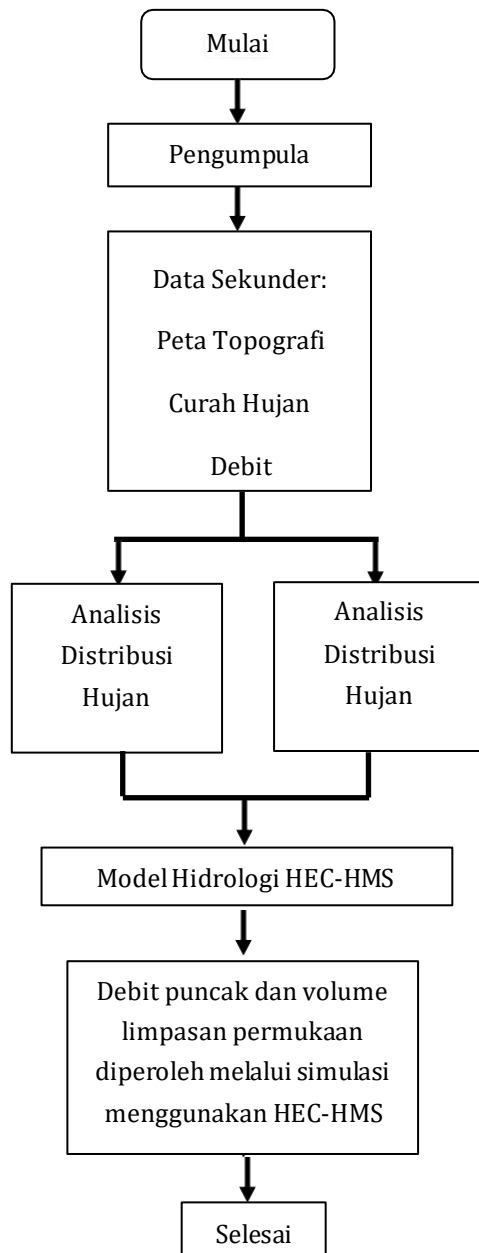
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi pemerintah dan sumber resmi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui permohonan langsung kepada instansi terkait serta melalui akses data dari platform daring resmi. Data curah hujan dan data debit sungai diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS I), yang digunakan untuk analisis hujan efektif dan penghitungan debit banjir rencana di DAS

Molibagu. Informasi spasial berupa peta topografi dan peta geologi diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), yang berguna untuk menganalisis karakteristik fisik wilayah seperti kontur, elevasi, dan struktur geologi. Data tata guna lahan serta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dikumpulkan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Bappelitbangda, dan platform GISTARU dari ATR/BPN, untuk mengevaluasi perubahan penggunaan lahan dari tahun 2011 ke tahun 2020. Selain itu, data geospasial tambahan seperti batas DAS, luas area, dan titik koordinat diperoleh dari sistem SIG nasional dan daerah. Seluruh data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi dan pemodelan hidrograf banjir dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS menggunakan pendekatan metode SCS Curve Number.

Tabel 1. Jenis dan sumber data

No.	Jenis Data	Deskripsi Penggunaan	Sumber Data
1	Data curah hujan dan debit sungai	Digunakan untuk menghitung hujan efektif, debit banjir rencana, dan kalibrasi model	Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS I)
2	Peta topografi dan geologi	Menganalisis kontur, kelerengan, dan karakteristik tanah di wilayah DAS	Badan Informasi Geospasial (BIG), Kementerian ESDM, Bappelitbangda
3	Peta tata guna lahan dan RTRW	Mengkaji perubahan penggunaan lahan dan kesesuaian tata ruang wilayah studi	KLHK, BIG, GISTARU (ATR/BPN), Bappelitbangda, Pemerintah Daerah
4	Data geospasial wilayah	Menyediakan informasi spasial seperti batas DAS, luas area, dan koordinat	BIG, Sistem Informasi Geospasial nasional dan daerah

Alur Metodologi dan Data Pendukung



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses analisis hidrologi dalam penelitian ini diawali dengan tahap pengumpulan data, yang terdiri dari empat jenis data utama, yaitu: data peta tematik, data curah hujan, data karakteristik sungai, dan data debit. Data peta meliputi informasi topografi, geologi, dan tata guna lahan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik fisik DAS. Data curah hujan kemudian diuji konsistensinya untuk memastikan validitas, dilanjutkan dengan perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode yang sesuai.

Setelah itu, dilakukan analisis distribusi frekuensi hujan untuk memperoleh hujan rencana berdasarkan periode ulang tertentu. Hasil distribusi tersebut diuji kesesuaiannya menggunakan uji statistik. Bila hasilnya valid, data digunakan untuk menghitung parameter hidrologi seperti time lag DAS (waktu konsentrasi), luas DAS, dan nilai Curve Number (CN).

Selanjutnya, seluruh data tersebut dimasukkan ke

dalam perangkat lunak HEC-HMS versi 4.6.1 untuk melakukan pemodelan hidrologi. Dari pemodelan ini dihasilkan debit banjir maksimum dan volume limpasan permukaan, yang menjadi output utama dari simulasi HEC-HMS.

Tahap selanjutnya adalah kalibrasi model. Hasil simulasi dibandingkan dengan data observasi untuk mengevaluasi kesesuaian model. Jika model dianggap sesuai, maka proses dilanjutkan dengan analisis debit banjir di DAS Molibagu.

Setelah proses pemodelan dan kalibrasi selesai, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis, serta disusun saran atau rekomendasi yang berkaitan dengan pengendalian banjir di wilayah studi. Seluruh proses diakhiri dengan tahap pelaporan akhir dalam bentuk kesimpulan dan saran.

TEMUAN PENELITIAN DAN ANALISIS

Dalam penelitian ini, data curah hujan dan debit yang digunakan untuk analisis hidrologi di DAS Molibagu diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS I) yang beralamat di Jl. A.A. Maramis, Kairagi Dua, Paniki Bawah, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. BWSS I dipilih sebagai sumber data karena merupakan instansi teknis yang berwenang dalam pengelolaan dan penyediaan data sumber daya air di wilayah Sulawesi Utara, termasuk Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. Data yang disediakan oleh BWSS I dianggap representatif dan relevan untuk mendukung keakuratan analisis curah hujan dalam pemodelan banjir di DAS Molibagu.

Kajian Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rancangan di DAS Molibagu dilakukan menggunakan analisis distribusi frekuensi dan probabilitas. Beberapa metode distribusi yang digunakan dalam kajian ini meliputi distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Tujuannya adalah untuk mengetahui sebaran data curah hujan dan menentukan distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data di wilayah studi. Untuk menguji kesesuaian masing-masing distribusi, digunakan metode statistik Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov. Hasil uji menunjukkan bahwa distribusi Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III memenuhi kriteria kesesuaian. Di antara ketiganya, distribusi Gumbel dipilih karena hasil perhitungannya paling mendekati nilai standar statistik, yaitu 5,991. Dengan demikian, distribusi Gumbel digunakan sebagai dasar dalam penentuan curah hujan rancangan di DAS Molibagu.

Tabel 2. Analisa Hujan Rencana Tahunan Metode Gumbel

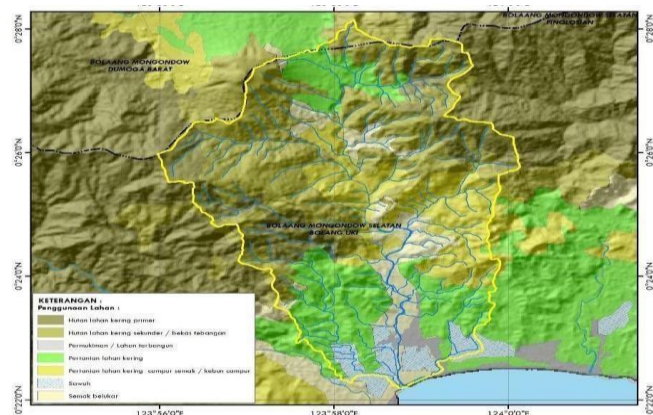
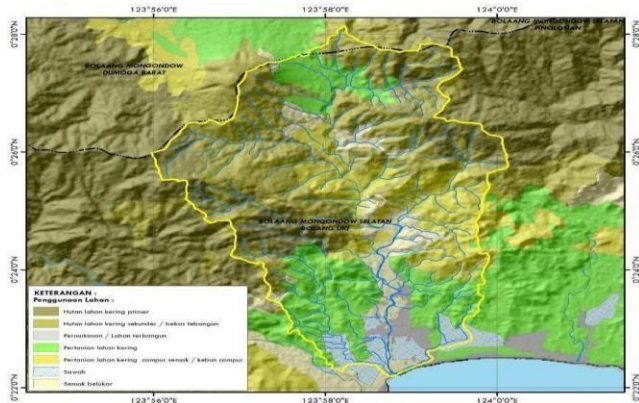
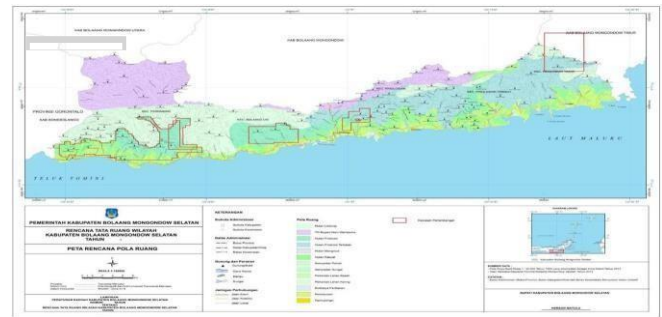
Parameter	Sampel
Faktor frekuensi dari Gumbel	$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$
Standar deviasi	$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n}$

Tabel 3. Distribusi Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

No	Periode Ulang	Hujan Rencana (mm)
1	2	111.28
2	5	151.02
3	10	177.33
4	25	210.57
5	50	235.23
6	100	259.71

Koefisien Pengaliran

Koefisien limpasan/pengaliran adalah untuk menentukan besarnya limpasan permukaan dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut berdasarkan Tata Guna lahan dan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) DAS Molibagu secara online dari situs BIG (<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>) dan ATRBPN (<https://gistaru.atrbpn.go.id/rtronline/>) dengan perubahan data terakhir pada tahun 2020. Berikut tataguna lahan untuk DAS Molibagu.

**Gambar 3.** Tata guna lahan Eksisting DAS Molibagu 2011 Sumber : BIG Prov Sulut**Gambar 4.** Tata guna lahan Eksisting DAS Molibagu 2020 Sumber : BIG Prov Sulut**Gambar 5.** RTRW Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan Sumber:(Kementrian ATRBPN, 2020)

Tata guna lahan di DAS Molibagu bersifat campuran, sehingga nilai koefisien pengaliran (C) dihitung menggunakan rata-rata tertimbang. Nilai ini dipengaruhi oleh curah hujan dan jenis penggunaan lahan. Oleh karena itu, perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan kedua faktor tersebut. Hasil perhitungan koefisien pengaliran untuk tahun 2011 dan 2020 dapat dilihat pada Tabel V.9 dan V.10.

Tabel 4. Perhitungan koefisien pengaliran C DAS Molibagu Tahun 2011 Berdasarkan Tata Guna Lahan

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	Nilai Koefisien Limpasan	
			C	Ci.Ai/A
Hutan lahan kering primer	7.15	14.14	0.03	0.0042
Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	16.70	33.02	0.5	0.1651
Permukiman / Lahan terbangun	0.61	1.21	0.45	0.0054
Pertanian lahan kering	10.37	20.5	0.5	0.1025
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	8.78	17.37	0.7	0.1216
Sawah	1.96	3.89	0.15	0.0058
Semak belukar	4.99	9.87	0.07	0.0069
Total	50.58	100	C	0.412

Tabel 5. Perhitungan koefisien pengaliran C DAS Molibagu Tahun 2020 berdasarkan tata guna lahan

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	Nilai Koefisien Limpasan	
			C	Ci.Ai/A
Hutan lahan kering primer	7.15	14.14	0.03	0.0042
Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	16.70	33.02	0.5	0.1651
Permukiman / Lahan terbangun	1.04	2.07	0.45	0.0093
Pertanian lahan kering	10.36	20.49	0.5	0.1024
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	8.78	17.37	0.7	0.1216
Sawah	1.89	3.76	0.15	0.0056
Semak belukar	4.62	9.15	0.07	0.0064
Total	50.58	100	C	0.415

Karakteristik CN Berdasarkan Tata Guna Lahan DAS

Nilai Curve Number (CN) dipengaruhi oleh kombinasi antara jenis tanah dan kondisi penggunaan lahan. Semakin tinggi nilai CN, maka potensi limpasan permukaan (runoff) juga semakin besar, yang secara langsung berdampak pada peningkatan debit aliran. Tabel berikut menyajikan klasifikasi penggunaan lahan yang terdapat di wilayah DAS Molibagu, yang digunakan sebagai dasar dalam penentuan nilai CN pada masing-masing unit lahan.

Tabel 6. Nilai CN Berdasarkan Tata Guna Lahan Eksisting DAS Tahun 2011

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	Curver Number	
			CN Tiap Lahan	CN
Hutan lahan kering primer	7.15	14.14	32	452.43
Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	16.70	33.02	36	1188.76
Permukiman / Lahan terbangun	0.61	1.21	59	71.24

Pertanian lahan kering	10.37	20.5	40	820.09
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	8.78	17.37	62	1076.8
Sawah	1.96	3.89	59	229.66
Semak belukar	4.99	9.87	37	365.2
Total	50.58	100	CN Tiap Lahan	42.04
			S	13.79

Tabel 7. Nilai CN Berdasarkan Tata Guna Lahan Eksisting DAS Tahun 2020

Jenis Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	Curver Number	
			CN Tiap Lahan	CN
Hutan lahan kering primer	7.15	14.14	32	452.43
Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	16.70	33.02	36	1188.76
Permukiman / Lahan terbangun	1.04	2.07	59	122.32
Pertanian lahan kering	10.36	20.49	40	819.59
Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	8.78	17.37	62	1076.8
Sawah	1.89	3.76	59	221.62
Semak belukar	4.62	9.15	37	338.67
Total	50.58	100	CN Tiap Lahan	42.2

Hasil Parameter Time Lag pada DAS di Tahun 2011 dan 2020**Tabel 8.** Time lag DAS Tahun 2011 dengan CN berdasarkan Tata Guna Lahan Eksisting

Nama DAS	Luas (km ²)	Panjang Sungai (m)	CN	%	Kemiringan Lahan (%)	Kekasaran Lahan (%)	DAS
Molibagu	50,58	14,75	42.04	42.04	6.2	0.412	Lag Time (jam) 0.55 Lag Time (Menit) 33.048

Tabel 9. Time lag DAS Tahun 2020 dengan CN berdasarkan Tata Guna Lahan Eksisting

Nama DAS	Luas (km ²)	Panjang Sungai (m)	CN	%	Kemiringan Lahan (%)	Kekasaran Lahan (%)	DAS
Molibagu	50,58	14,75	42.2	42.2	6.2	0.415	Lag Time (jam) 0.552 Lag Time (Menit) 33.165

Hasil Parameter Baseflow pada DAS di Tahun 2011 dan 2020**Tabel 10.** Baseflow DAS Molibagu Tahun 2011 dan 2020 berdasarkan Tata Guna Lahan Eksisting

Nama DAS	Luas (Km ²)	Panjang Sungai (m)	Aliran Dasar	%	RC	RP
DAS Molibagu	50,58	14,75	1.85	1.85	0.19	0.185

Kajian Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis perubahan tata guna lahan di wilayah penelitian dilakukan untuk mengetahui dinamika pemanfaatan lahan dalam kurun waktu sepuluh tahun. Pendekatan yang digunakan melibatkan proses klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan hasil ground check point (GCP) yang dikombinasikan dengan teknik digitasi menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan mengacu pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) DAS Molibagu. Perbandingan kondisi tata guna lahan antara tahun 2011 dan 2020 disajikan dalam Tabel di bawah, yang juga mencakup hasil klasifikasi perubahan penggunaan lahan selama periode tersebut.

Tabel 11. Perubahan lahan tahun 2011 dan tahun 2020 DAS Molibagu

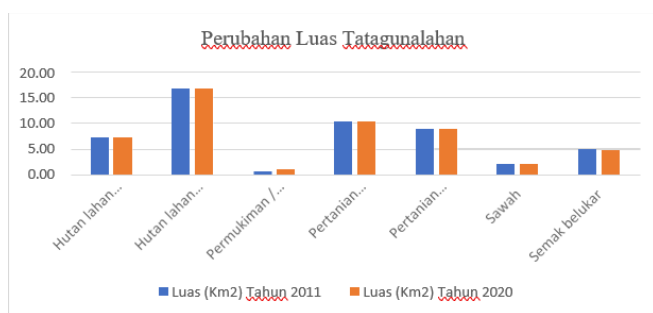
No	Tutupan Lahan	Luas (Km ²)		Perubahan	
		Tahun 2011	Tahun 2020	(Ha)	(%)
1	Hutan lahan kering primer	7,15	7,15	0	0
2	Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	16,70	16,70	0	0

3	Permukiman / Lahan terbangun	0,61	1,04	-0.44	-0.87
4	Pertanian lahan kering	10,37	10,36	0.01	0.01
5	Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	8,78	8,78	0	0
6	Sawah	1,97	1,89	0.07	0.14

Sumber : Analisis dengan Aplikasi Gis Menggunakan Peta RTRW Prov Sulut

Berdasarkan hasil analisis perubahan penggunaan lahan di DAS Molibagu antara tahun 2011 dan 2020, terjadi pergeseran fungsi lahan yang signifikan pada beberapa kelas tutupan lahan. Lahan permukiman mengalami peningkatan seluas 0,44 hektar, sedangkan lahan pertanian kering, sawah, dan semak belukar masing-masing mengalami penurunan seluas 0,01 hektar, 0,07 hektar, dan 0,36 hektar. Peningkatan luas lahan permukiman mencerminkan adanya tekanan pembangunan dan urbanisasi di wilayah sekitar DAS, sementara penurunan pada kategori vegetasi dan lahan budidaya menunjukkan terjadinya alih fungsi lahan yang didominasi oleh kebutuhan infrastruktur dan pemukiman. Perubahan ini berdampak langsung terhadap kondisi hidrologi wilayah, khususnya terhadap peningkatan limpasan permukaan dan potensi banjir.

**Gambar 6.** Tata guna lahan RTRW DAS Molibagu 2011
Sumber : BIG Prov Sulut**Gambar 7.** Tata guna lahan RTRW DAS Molibagu 2020
Sumber : BIG Prov Sulut



Gambar 8. Perubahan Luas Tata Guna Lahan Tahun 2011 Dan 2020



Gambar 9. Perubahan Luas Tata Guna Lahan Tahun 2011 Dan 2020

Evaluasi Curah Hujan Berdasarkan Interval Waktu Jam-jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hasil kajian oleh Reynaldo C. Kairupan et al. (2017), yang secara khusus menganalisis karakteristik hujan di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan dan sekitarnya. Dalam kajian tersebut, Reynaldo (2017) mengidentifikasi bahwa pola hujan dominan di wilayah tersebut berlangsung selama 7 jam, dengan distribusi intensitas hujan yang telah ditentukan berdasarkan bobot masing-masing jam. Pola ini digunakan sebagai acuan dalam simulasi hidrologi untuk menggambarkan distribusi temporal curah hujan yang lebih representatif terhadap kondisi lokal wilayah studi.

Tabel 12. Sebaran Hujan Jam-Jaman di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan dan Area Sekitarnya

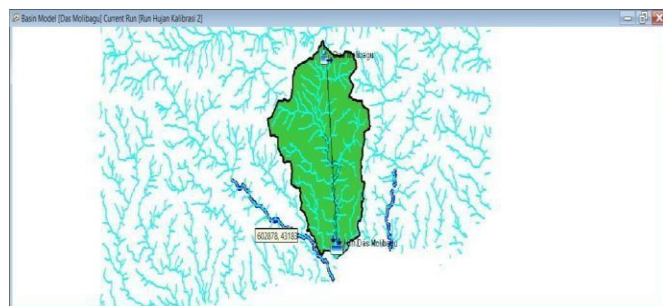
Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7
Distribusi Hujan %	21	28	16	13	8	7	7
Distribusi Hujan Kumulatif %	21	49	65	78	86	93	100

Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nisbah hujan jam-jaman, dengan cara mengalikan distribusi relatif terhadap hujan efektif (R_n) yang telah ditentukan berdasarkan periode ulang tertentu.

Pemodelan dan Kalibrasi Hidrograf Debit Banjir DAS Molibagu

Kalibrasi Hasil Pemodelan Limpasan dengan Pendekatan HEC-HMS

Kalibrasi model HEC-HMS dilakukan dengan menentukan nilai awal parameter berdasarkan kondisi fisik DAS. Proses ini dilanjutkan dengan membandingkan hasil debit simulasi dan debit observasi. Jika bentuk hidrograf dari simulasi mirip dengan data observasi dan nilai error cukup kecil atau mendekati nol, maka kalibrasi dianggap berhasil. Jika belum sesuai, penyesuaian parameter dilakukan secara berulang hingga hasilnya optimal. Setelah model terkalibrasi, simulasi dilanjutkan untuk menghitung hidrograf banjir berdasarkan hujan rencana dengan berbagai periode ulang. Data curah hujan yang digunakan berasal dari hasil perhitungan hyetograph untuk setiap skenario

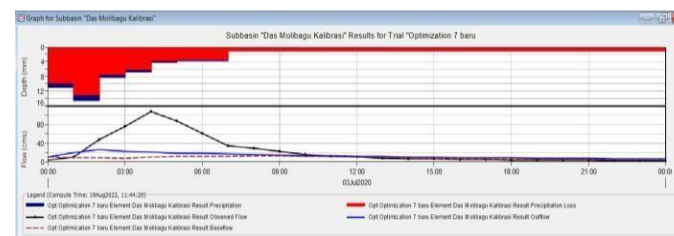


Gambar 10. Basin Model DAS Molibagu

Hasil Kalibrasi Pemodelan Hidrologi Tahun 2011 Menggunakan HEC-HMS



Gambar 11. Hasil Global Summary



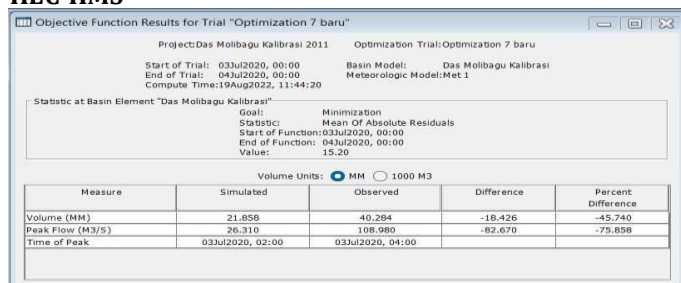
Gambar 12. Hasil Graph for Subbasin



Gambar 13. Hasil Summary Result For Subbasin

Hasil awal simulasi menggunakan HEC-HMS menunjukkan bahwa grafik debit hasil model (garis biru) masih berbeda cukup jauh dibandingkan dengan data observasi (garis hitam), terutama pada puncak debit. Untuk memperbaiki hasil tersebut, dilakukan proses kalibrasi menggunakan fitur optimization pada HEC-HMS. Kalibrasi dilakukan beberapa kali hingga grafik hasil simulasi mendekati grafik pengamatan. Dalam penelitian ini, diperlukan tujuh kali percobaan kalibrasi untuk memperoleh hidrograf yang sesuai. Hasil perbaikan grafik setelah proses optimasi ditampilkan pada gambar berikut.

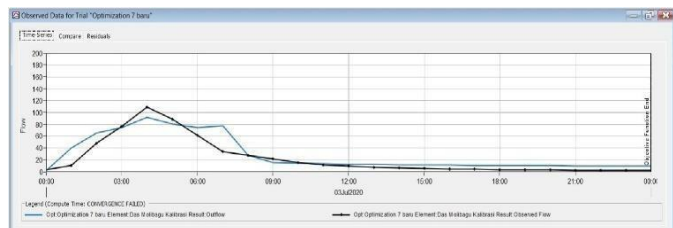
Evaluasi Hasil Kalibrasi dan Optimasi Pemodelan HEC-HMS



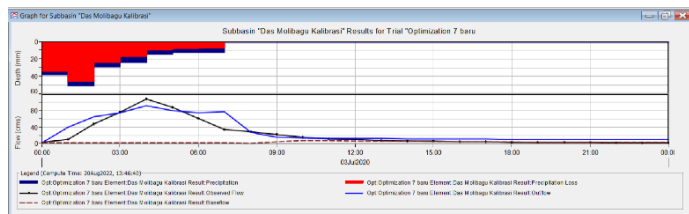
Gambar 14. Hasil Objective Function Summary



Gambar 15. Hasil Optimized Parameter



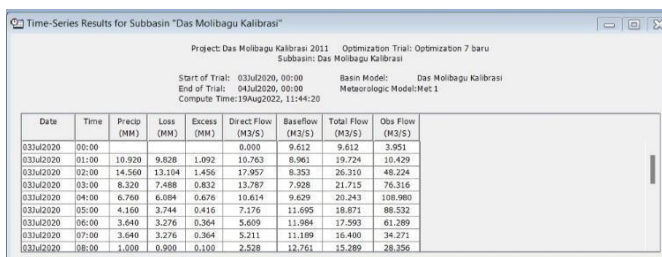
Gambar 16. Hasil Observed Data



Gambar 17. Grafik Hasil Optimization DAS Molibagu



Gambar 18. Hasil Summary Table DAS Molibagu



Gambar 19. Hasil Time Series Table DAS Molibagu

Hasil kalibrasi atau optimasi model HEC-HMS menunjukkan bahwa grafik simulasi (garis biru) dan grafik observasi (garis hitam) sudah menunjukkan kecocokan, terutama pada puncak debit yang sudah saling mendekati. Hal ini menunjukkan bahwa model telah memenuhi syarat kelayakan. Parameter hasil optimasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk simulasi HEC-HMS selanjutnya, karena proses kalibrasi diperlukan sebelum model dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

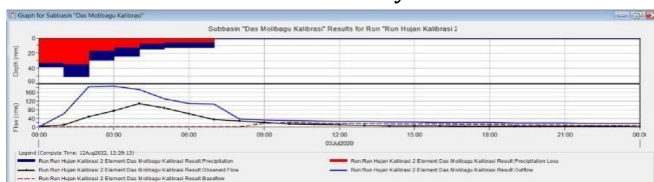
Tabel 13. Hasil Kalibrasi Parameter Hidrologi Model HEC-HMS Tahun 2011 di DAS Molibagu

No	Parameter Model	Nilai Parameter Model	
		Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
1	Initial Abstraction	70 mm	68 mm
2	Curve Number	42,04	42
3	Lag Time	33,04	33
4	Recession Constant	0,185	0,180
5	Ratio to Peak	0,18	0,11
6	Initial Discharge	1,85	10,1

Hasil Kalibrasi Pemodelan Hidrologi Tahun 2020 Menggunakan HEC-HMS



Gambar 20. Hasil Global Summary

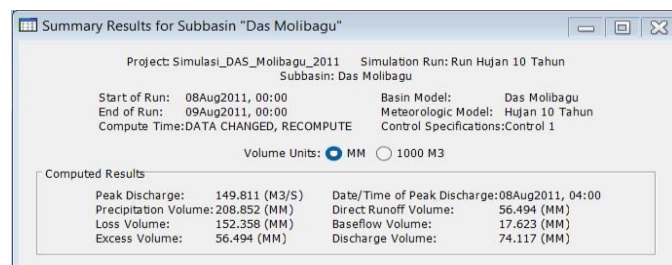


Gambar 21. Hasil Graph for Subbasin

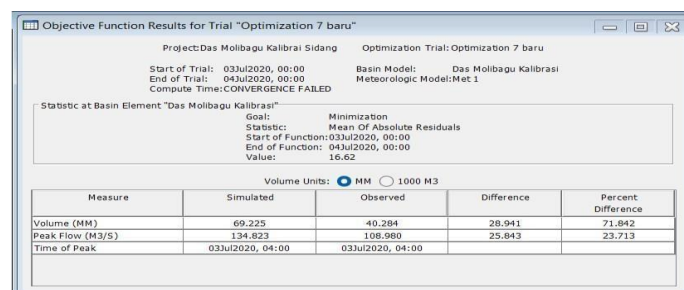


Gambar 22. Hasil Summary Result For Subbasin

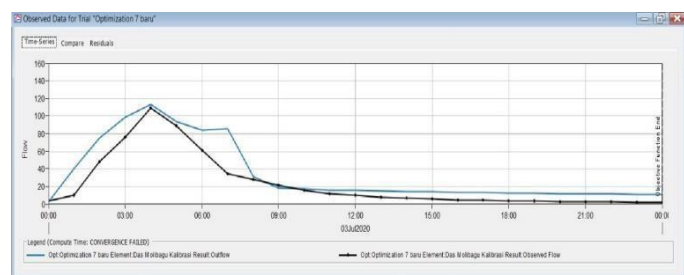
Hasil awal simulasi menggunakan HEC-HMS menunjukkan bahwa grafik debit hasil model (garis biru) masih berbeda cukup jauh dibandingkan dengan data observasi (garis hitam), terutama pada puncak debit. Untuk memperbaiki hasil tersebut, dilakukan proses kalibrasi menggunakan fitur optimization pada HEC-HMS. Kalibrasi dilakukan beberapa kali hingga grafik hasil simulasi mendekati grafik pengamatan. Dalam penelitian ini, diperlukan tujuh kali percobaan kalibrasi untuk memperoleh hidrograf yang sesuai. Hasil perbaikan grafik setelah proses optimasi ditampilkan pada gambar berikut.



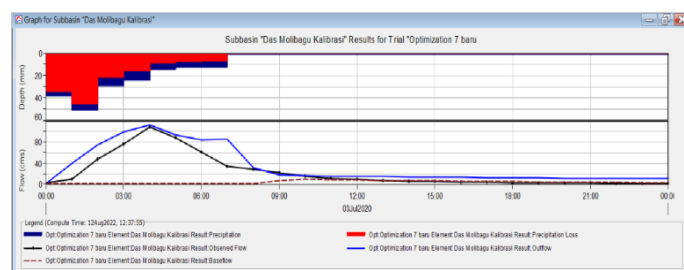
Gambar 23. Hasil Objective Function Summary



Gambar 24. Hasil Optimized Parameter



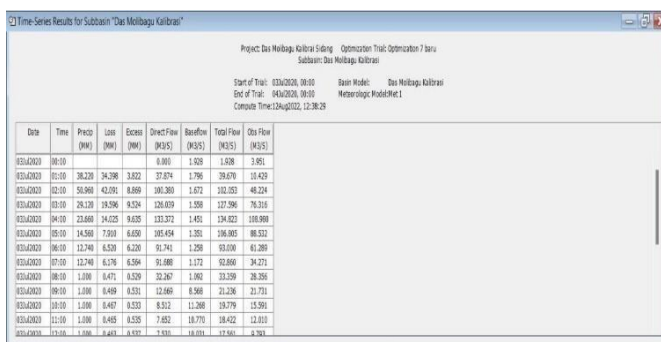
Gambar 25. Hasil Observed Data



Gambar 26. Grafik Hasil Optimization DAS Molibagu



Gambar 27. Hasil Summary Table DAS Molibagu



Gambar 28. Hasil Time Series Table DAS Molibagu

Hasil kalibrasi atau optimasi model HEC-HMS menunjukkan bahwa grafik simulasi (garis biru) dan grafik observasi (garis hitam) sudah menunjukkan kecocokan, terutama pada puncak debit yang sudah saling mendekati. Hal ini menunjukkan bahwa model telah memenuhi syarat kelayakan. Parameter hasil optimasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk simulasi HEC-HMS selanjutnya, karena proses kalibrasi diperlukan sebelum model dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Tabel 14. Parameter model HEC-HMS tahun 2020 pada DAS Molibagu sebelum dan sesudah Kalibrasi

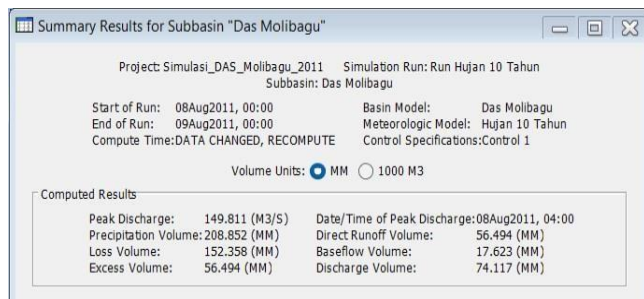
No	Parameter Model	Nilai Parameter Model	
		Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
1	Initial Abstraction	50 mm	48,8 mm
2	Curve Number	42,2	42
3	Lag Time	33,16	33,11
4	Recession Constant	0,185	0,181
5	Ratio to Peak	0,18	0,16
6	Initial Discharge	1,85	2,01

Analisis Hidrograf Simulasi Banjir Menggunakan Model HEC-HMS

HEC-HMS adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan proses hidrologi, khususnya dalam mengubah curah hujan menjadi aliran permukaan dan menghasilkan hidrograf banjir. Model ini bekerja dengan memasukkan data curah hujan sebagai input utama yang kemudian diproses melalui beberapa komponen hidrologi seperti infiltrasi, limpasan, dan aliran. Setiap sub-DAS dimodelkan sebagai sistem yang menangkap dan mengalirkan air, sehingga dapat menggambarkan

bagaimana hujan menghasilkan debit sungai. Analisis hidrograf banjirdilakukan dengan memilih kejadian hujan dan banjir terbesar dalam periode tertentu, untuk melihat respons DAS terhadap peristiwa tersebut menggunakan hasil simulasi dari HEC-HMS.

Evaluasi Hasil Simulasi HEC-HMS untuk Tahun 2011



Gambar 29. Hasil Summary Result For Subbasin



Gambar 30. Hasil Time Series For Subbasin

Berdasarkan hasil analisis hidrologi menggunakan aplikasi HEC-HMS dengan pendekatan metode SCS Curve Number (CN), diperoleh nilai debit pada pos duga air Molibagu untuk tahun 2011 setelah melalui proses kalibrasi model. Hasil simulasi yang telah disesuaikan tersebut disajikan pada Tabel berikut, yang menggambarkan karakteristik aliran permukaan pasca-kalibrasi secara lebih representatif terhadap kondisi aktual di lapangan.

Tabel 15. Hasil Kala Ulang model HEC-HMS Tahun 2011 pada DAS Molibagu

Kala Ulang (Tahun)	Debit Puncak (m ³ /S)	Volume Curah Hujan (mm)	Kehilangan Volume (mm)	Kelebihan Volume (mm)	Volume Limpasan Langsung (mm)	Aliran Dasar (mm)	Volume Debit (mm)
2	44,416	123,09	104,45	18,639	18,639	5,94	24,579
5	101,157	174,686	135,442	39,244	39,244	12,24	51,487
10	149,811	208,852	152,358	56,494	56,494	17,62	74,117
25	218,274	252,014	170,616	81,398	81,398	25,17	106,569
50	272,959	284,039	182,355	101,684	101,684	31,19	132,87
100	329,801	315,801	192,756	123,069	123,069	37,43	160,496

Evaluasi Hasil Simulasi HEC-HMS untuk Tahun 2020



Gambar 31. Hasil Summary Result For Subbasin



Gambar 32. Hasil Time Series For Subbasin

Berdasarkan hasil analisis hidrologi menggunakan aplikasi HEC-HMS dengan pendekatan metode SCS Curve Number (CN), diperoleh nilai debit pada pos duga air Molibagu untuk tahun 2011 setelah melalui proses kalibrasi model. Hasil simulasi yang telah disesuaikan tersebut disajikan pada Tabel berikut, yang menggambarkan karakteristik aliran permukaan pasca-kalibrasi secara lebih representatif terhadap kondisi aktual di lapangan.

Tabel 16. Hasil Kala Ulang model HEC-HMS Tahun 2020 pada DAS Molibagu

Kala Ulang (Tahun)	Debit Puncak (m ³ /S)	Volume Curah Hujan (mm)	Kehilangan Volume (mm)	Kelebihan Volume (mm)	Volume Limpasan Langsung (mm)	Aliran Dasar (mm)	Volume Debit (mm)
2	82,424	142,32	110,371	31,949	31,949	9,32	41,269
5	189,628	218,8	146,974	71,826	71,826	20,14	91,966
10	275,534	269,44	165,818	103,622	103,622	28,78	132,397
25	403,352	333,43	185,334	148,096	148,096	41,55	189,642
50	505,416	380,89	197,447	183,443	183,443	51,71	235,151
100	611,474	428,01	207,914	220,096	220,096	62,24	282,333

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan di DAS Molibagu antara tahun 2011 dan 2020 berdampak signifikan terhadap peningkatan debit banjir. Luas lahan vegetasi menurun dari 49,97 ha menjadi 49,53 ha, sementara permukiman meningkat dari 0,61 ha menjadi 1,04 ha. Alih fungsi lahan dari pertanian dan semak belukar ke permukiman menyebabkan penurunan daya serap tanah dan peningkatan limpasan permukaan. Selain itu, faktor alamiah seperti curah hujan tinggi, topografi curam, jenis tanah yang beragam, serta kondisi hilir yang berbatasan langsung dengan laut turut memperparah risiko banjir, termasuk banjir rob. Faktor non-alamiah juga berperan, seperti pembukaan lahan, penebangan vegetasi, dan kebiasaan membuang sampah ke sungai. Simulasi menggunakan model HEC-HMS menunjukkan adanya

peningkatan debit puncak banjir pada seluruh kala ulang antara tahun 2011 dan 2020. Misalnya, pada kala ulang 100 tahun, debit meningkat dari 329,80 m³/s menjadi 611,47 m³/s. Parameter hidrologi seperti Curve Number (CN) dan Koefisien Pengaliran (C) juga mengalami peningkatan, masing-masing dari 42,04 ke 42,20 dan dari 0,412 ke 0,415, yang menunjukkan berkurangnya infiltrasi akibat menurunnya tutupan vegetasi. Untuk mengatasi kondisi ini, diperlukan langkah pengendalian risiko banjir secara non- struktural. Strategi yang disarankan mencakup penguatan kebijakan zonasi berbasis risiko, seperti melarang alih fungsi hutan dan sawah menjadi permukiman di wilayah rawan. Selain itu, program penghijauan kembali (reforestasi) pada lahan kritis dan sempadan sungai perlu digencarkan guna meningkatkan daya serap tanah. Edukasi dan keterlibatan masyarakat juga menjadi kunci keberhasilan pengelolaan DAS secara berkelanjutan, terutama dalam menjaga vegetasi dan mengurangi pencemaran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. L. Qian, Y. X. Wu, dan Q. T. Zhang, "The Response of Small Watershed Storm Floods to Climate Change," *Water (Switzerland)*, vol. 17, no. 1, 2025. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/w17010033>
- [2] J. Zhao et al., "Effects of land uses and rainfall regimes on surface runoff and sediment yield in a nested watershed of the Loess Plateau, China," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 44, Aug. 2022. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101277>
- [3] M. K. Ilmi, "Kajian Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Kondisi Hidrologi DAS Dodokan, Provinsi NTB," *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil*, Nov. 2019, hlm. 103–113.
- [4] A. Urbanus, R. L. E. Sela, dan A. E. Tungka, "Mitigasi Bencana Banjir Struktural dan Non Struktural di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan," *Jurnal Spasial*, vol. 8, no. 3, hlm. 447–458, 2021.
- [5] BSN, *Tata cara perhitungan debit banjir rencana*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2016.
- [6] M. F. Hidayatullah dan N. Helda, "Flood modelling of Riam Kiwa watershed using HEC-HMS," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 2022–2023 versi, [Online]. Tersedia : via jurnal.usk.ac.id
- [7] "Estimation of Surface Water Runoff for a Semi-Arid Area Using RS and GIS-Based SCS-CN Method," *Water (MDPI)*, vol. 12, no. 7, 2020.
- [8] "Runoff curve number," Wikipedia, 2025. [Online]. Tersedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Runoff_curve_number
- [9] "Analysis of surface runoff potential in ungauged basin using basin parameters and SCS-CN method," *Applied Water Science*, 2019. [Online]. Tersedia : via Springer.
- [10] R. H. Indriatmoko dan V. E. Wibowo, "Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Penghitungan Koefisien Aliran DAS Ciliwung," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 3, no. 2, hlm. 182–190, 2018. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.29122/jai.v3i2.2339>
- [11] D. Widyasasi et al., "Land Use Change and Soil Conservation Services Curve Number (SCS-CN) in Karangmumus Watershed Samarinda," *Int. J. of Engineering Trends and Technology*, vol. 72, no. 10, pp. 1– 9, 2024.
- [12] G. Gunawan et al., "Utilization of GIS and HEC-HMS Hydrological Model to Forecast Peak Discharge of the Air Bengkulu Sub-Catchments," *J. of Information Systems Engineering and Management*, vol. 10, no. 48s, 2025.
- [13] "Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review," *Sustainability*, vol. 14, no. 16, 2022. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/su14169997>
- [14] G. Tunas, "Kalibrasi Parameter Model HEC-HMS," LIM, n.d.
- [15] Haan, C. T., *Statistical Methods in Hydrology*, 2nd ed., Iowa: Iowa State Press, 2002.
- [16] Stedinger, J. R., Vogel, R. M., & Foufoula-Georgiou, E., "Frequency Analysis of Extreme Events," in *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment, Ed., New York: McGraw-Hill, 1993. [17] Helsel, D. R., & Hirsch, R. M., *Statistical Methods in Water Resources*, Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2002.