



Analisis Pengaruh Perubahan Kondisi Lahan terhadap Debit Sungai Menggunakan Program HEC-HMS (Studi Kasus DAS Alo, Kabupaten Gorontalo)

(Analysis of the Impact of Land Use Changes on River Discharge Using the HEC-HMS Program (Case Study: Alo Watershed, Gorontalo Regency))

Satrio Fitrawan Maku¹, Barry Yusuf Labdul², Rawiyah Husnan³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

ryomaku77@gmail.com¹, barry.labdul@ung.ac.id², rawiyah@ung.ac.id³

Article Info	Abstract
Article history: Received: 10 Juni 2025 Revised: 25 Juni 2025 Accepted: 26 Juni 2025 Keywords: Alo Watershed HEC-HMS Program SCS Curve Number SCS Unit Hydrograph Land Use Discharge Kata kunci: Daerah Aliran Sungai (DAS) Alo Program HEC-HMS Angka Kurva SCS (Soil Conservation Service) Hidrograf Satuan SCS Penggunaan Lahan Debit Aliran	The Alo Watershed (DAS Alo) is a subwatershed of the Limboto Watershed located in Gorontalo Regency, covering an area of 210,495 km². Frequent flooding in the Alo Watershed has caused significant damage, with various contributing factors including high rainfall, low public awareness of environmental issues, and sparse vegetation cover. To assess the impact of land condition changes on river discharge in the Alo Watershed, the Hydrologic Engineering Centre - Hydrologic Modelling System (HEC – HMS) program was employed, utilizing the Soil Conservation Service (SCS) Curve Number and SCS Unit Hydrograph. The analysis using HEC-HMS program revealed that the discharge under 2019 land use conditions was higher than that projected in the 2032 Regional Spatial Plan (RTRW). To reduce future discharge, land use management was simulated by decreasing certain land uses, which were reallocated to other types of use, while adhering to the 2032 RTRW guidelines. The simulation of land use management under Scenario 1, with a return period of T years, succeeded in reducing flood discharge by 8,65%-14,67% compared to the 2019 conditions. Scenario 2 achieved a reduction of 8,43%-14,70%. Both scenarios effectively reduced flood discharge beyond the 2019 conditions, indicating the potential of these strategies to mitigate future flood risks. Abstrak DAS Alo merupakan salah satu subdas dari DAS Limboto yang berada di Kabupaten Gorontalo dengan luas 210,495 km². Kejadian banjir yang sering terjadi di DAS Alo sangat merugikan banyak pihak, penyebabnya beragam antara curah hujan yang tinggi, kesadaran masyarakat terhadap lingkungan dan vegetasi lahan yang kurang lebat. Untuk mengetahui pengaruh perubahan kondisi lahan terhadap debit di DAS Alo maka digunakan program Hydrologic Engineering Centre - Hydrologic Modelling System (HEC – HMS) dengan metode Soil Conservation Service (SCS) Curve Number dan SCS Unit Hydrograph. Berdasarkan hasil analisis dengan Program HEC – HMS diperoleh debit penggunaan lahan tahun 2019 lebih besar daripada penggunaan lahan menurut RTRW 2032. Untuk mereduksi debit dimasa depan maka dilakukan pengaturan tata guna lahan dengan mengurangi penggunaan lahan dan dialifungsikan ke penggunaan lahan lainnya dengan tetap memperhatikan RTRW 2032. Simulasi pengaturan tata guna lahan dengan skenario 1 dengan periode ulang T tahun berhasil mengurangi debit banjir sebesar 8,65% - 14,67% terhadap kondisi eksisting tahun 2019. Sedangkan skenario 2 berhasil mereduksi debit sebesar 8,43% - 14,70%. Kedua skenario yang analisis mampu mereduksi debit banjir lebih besar dari kondisi eksisting tahun 2019 sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dimasa depan.

Corresponding Author:

Satrio Fitrawan Maku
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
ryomaku77@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Berbagai fenomena alam kerap terjadi di sekitar kita dan memberikan dampak negatif terhadap kehidupan manusia, salah satunya adalah banjir. Banjir dapat terjadi secara alami maupun sebagai akibat dari perilaku manusia yang ceroboh terhadap lingkungan. Salah satu faktor utama penyebab banjir adalah limpasan air yang meningkat akibat perubahan kondisi lahan (Ridwan & Sarjito, 2024; Syaiful et al., 2025). Perubahan ini secara signifikan memengaruhi debit sungai, terutama saat musim hujan, karena limpasan permukaan yang meningkat. Ketidaksesuaian antara kapasitas lahan dan penggunaannya menyebabkan dinamika perubahan lahan yang sering kali menurunkan kualitas sumber daya, termasuk air.

Kondisi ini sangat nyata terjadi di bagian hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, yaitu DAS Alo yang terletak di Kabupaten Gorontalo. DAS Alo memiliki luas wilayah sebesar 210,495 km² dan berbatasan langsung dengan Kecamatan Kwandang di utara, Kecamatan Limboto Barat di timur, Kecamatan Boliyohuto di barat, serta Kecamatan Pulubala di selatan. Saat ini, kondisi DAS Alo cukup memprihatinkan karena penggunaan lahan yang tidak teratur dan tidak terencana. Banyak wilayah di DAS Alo memiliki vegetasi yang jarang atau bahkan terbuka, sehingga air hujan yang turun sebagian besar tidak terserap ke dalam tanah, melainkan menjadi limpasan permukaan (run off) yang langsung mengalir ke sungai. Akibatnya, debit air sungai meningkat tajam dan sungai tidak mampu menampung limpasan tersebut, sehingga menyebabkan banjir. Contohnya terjadi pada bulan November 2021, ketika Sungai Alo meluap dan menyebabkan banjir besar. Menurut data BPBD Kabupaten Gorontalo, banjir tersebut menerjang enam kecamatan, dan Kecamatan Tibawa menjadi wilayah dengan desa terdampak terbanyak, yaitu sembilan desa (Azhar, 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka rumusan masalah dalam riset ini adalah: pertama, bagaimana pengaruh perubahan kondisi lahan terhadap perubahan debit banjir di DAS Alo; dan kedua, bagaimana pengaturan tata guna lahan dapat menjadi strategi dalam mereduksi debit banjir di wilayah tersebut. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan dari riset ini adalah untuk menganalisis pengaruh perubahan kondisi lahan terhadap debit sungai di DAS Alo, serta merumuskan strategi pengaturan tata guna lahan sebagai upaya dalam mengurangi risiko banjir di DAS Alo.

2. KAJIAN TEORITS

2.1 Tata Guna Lahan

Berlandaskan Jayadinata (1992), pemanfaatan lahan adalah pemanfaatan permukaan bumi yang teratur baik di darat maupun di laut. Kondisi lingkungan hidup mengalami tekanan akibat perubahan kondisi pemanfaatan lahan (Sudipa, 2021). Yang semula merupakan kawasan konservasi (lahan hijau) berubah menjadi kawasan terbangun (permukiman), yang berdampak pada laju erosi dan sedimentasi di daerah hulu, menimbulkan banjir dan genangan di daerah hilir, serta menimbulkan tanah longsor dan kekeringan (Kodoatie, 2021).

2.2 Jenis Tanah

Tanah merupakan bagian yang mempunyai peranan penting dalam keberlangsung makhluk hidup di bumi. Bagian kerak bumi yang terdiri dari komponen organik dan mineral disebut tanah (Wulandari & Andriani, 2024). Karakteristik dan keadaan lokasi tempat tanah ditemukan menentukan jenis tanah.

Tabel 1. Kategorisasi Hidrologi Tanah Menurut Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (Fc) (mm/jam)	Pengelompokkan Tanah Secara Hidrologi
Pasir (<i>sand</i>)	210	A
Pasir Berlempunng (<i>loamy sand</i>)	61	A
Lempung Berpasir (<i>sand loam</i>)	26	B
Lempung (<i>loam</i>)	13	B
Lempung Berdebu (<i>silty loam</i>)	6,9	C

Lempung Liat Berpasir (<i>sand clay loam</i>)	4,3	C
Lempung Liat Berdebu (<i>silty clay loam</i>)	2,3	D
Lempung Berliat (<i>clay loam</i>)	1,5	D
Liat Berpasir (<i>sand clay</i>)	1,3	D
Liat Berlumpur (<i>silty clay</i>)	1	D
Liat (<i>clay</i>)	0,5	D

2.3 Curve Number (CN)

Karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembapan dan cara pengerjaan tanah memiliki fungsi yang disebut sebagai *Curve Number* (Sutiyono, 2021). Nilai CN ditunjukkan pada Tabel 2. Teknik perhitungan angka kurva yang dipakai oleh *Soil Conservation Service* (SCS) membuat asumsi bahwa jumlah curah hujan yang menghasilkan limpasan bergantung pada berbagai faktor, termasuk curah hujan kumulatif, kondisi lahan, jenis tanah, dan kelembapan.

Tabel 2. Nilai Curve Number

No	Tata Guna Lahan	Kelompok A	B	C	D
1	Tanah yang diolah dan ditanami				
	- dengan konservasi	62	71	78	81
	- tanpa konservasi	72	81	88	91
2	Padang Rumput				
	- kondisi jelek	68	79	86	89
	- kondisi baik	49	69	79	84
3	Padang Rumput, kondisi baik	30	58	71	78
4	Hutan				
	- Tanaman jarang, penutupan jelek	45	65	76	82
	- Penutupan baik	25	55	70	77
5	Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
	- Kondisi baik: rumput > 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
	- Kondisi sedang: rumput 50–70% luasan	49	69	79	84
6	Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
7	Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
8	Permukiman – % Kedap Air				
	- 1/8 acre atau kurang	65	77	85	89
	- 1/4 acre	61	75	83	87
	- 1/3 acre	57	72	81	86
	- 1/2 acre	54	70	80	85
	- 1 acre	51	68	79	84
9	Tempat parkir, atap, jalan mobil (di halaman)	98	98	98	98
10	Jalan				
	- Perkerasan dengan drainase	98	98	98	98
	- Kerikil	76	85	89	91
	- Tanah	72	82	87	91

Catatan: 1 acre = 0,4047 hektar
(Triatmodjo, 2019)

SCS dalam Buku Hidrologi Terapan (Triatmodjo, 2019) mempunyai persamaan guna menghitung hujan efektif dan hujan deras adalah sebagai berikut:

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (1)$$

dengan :

Pe : Kedalaman hujan efektif (mm)

P : Kedalaman hujan (mm)

S : Retensi potensial maksimum air oleh tanah

Rumus dasar untuk menentukan kedalaman curah hujan efektif ialah Persamaan (1). Retensi maksimum yang mungkin terlihat seperti ini:

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}} \quad (\text{SI}) \quad (2)$$

$$S = \frac{1000 - 10 \text{ CN}}{\text{CN}} \quad (\text{english unit}) \quad (3)$$

Penentuan nilai CN dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\text{CN}_{\text{composite}} = \frac{\sum A_i \cdot \text{CN}_i}{\sum A_i} \quad (4)$$

dengan :

$\sum A_i$: Luas Sub Das i (km²)

2.4 Analisa Hidrologi

Teknik *Poligon Thiessen* dipakai dalam analisis hidrologi guna menentukan curah hujan regional, dan analisis frekuensi dengan empat metode distribusi yakni distribusi normal, log normal, gumbel, dan log Pearson Tipe III dipakai untuk menghitung curah hujan yang direncanakan (Simaremare et al., 2025). Uji kecocokan distribusi memakai metode *Chi Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov*. Bila data curah hujan dalam jangka pendek (jam – jaman) tidak tersedia, maka intensitas curah hujan yakni kedalaman air hujan tiap satuan waktu dapat dihitung menggunakan metode *Mononobe* (Suripin, 2004). Selanjutnya untuk mendapatkan data hujan dalam bentuk jam – jaman dengan durasi tertentu maka digunakan metode *Alternating Block Method* (ABM) (Triatmodjo, 2019). Rumus *Mononobe* ditunjukkan pada persamaan (5).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (5)$$

dengan :

I : Intensitas hujan (mm/jam)

t : Lamanya hujan (jam)

R₂₄ : curah hujan maksimum harian (mm)

2.5 HEC - HMS

Mekanisme transformasi dan pengarahannya hujan dalam sistem DAS bisa dihitung menggunakan aplikasi komputer HEC-HMS (Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System). Ada beberapa model berbeda dalam perangkat lunak HEC-HMS, dan masukan untuk setiap model bervariasi. Tabel 3 menampilkan sejumlah model yang dipakai guna menghitung volume limpasan, limpasan langsung, aliran dasar, dan aliran saluran.

Tabel 3. Model-Model Komputasi yang Digunakan dalam Perhitungan Komponen Aliran Hidrologi di HEC-HMS

Komputasi	Model
Precipitation (Hujan)	• User hyetograph
	• User gage weighting
	• Inverse-distance gage weights
	• Gridded precipitation
	• Frequency storm
	• Standard project storm
Volume runoff (Volume Limpasan)	• Initial and constant-rate
	• SCS curve number
	• Gridded SCS curve number
	• Green and Ampt
	• Deficit and constant rate
	• Soil moisture accounting
Direct runoff (Limpasan Langsung)	• Gridded SMA
	• User-specified unit hydrograph (UH)
	• Clark's UH
	• Snyder's UH
	• SCS UH
	• Modclark
Baseflow (Aliran Dasar)	• Kinematic wave
	• Constant monthly
	• Exponential recession
	• Linear reservoir

	• <i>Kinematic wave</i> • <i>Lag</i> • <i>Modified Puls</i> • <i>Muskingum</i> • <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i> • <i>Muskingum-Cunge 8- point section</i>
--	---

(Jayantari, 2022)

Salah satu parameter pada program HEC - HMS yaitu, parameter lag time dan waktu konsentrasi pada metode *SCS Unit Hydrograph* untuk menentukan limpasan langsung. Parameter ini dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) (Wiliya & Lasminto, 2022).

$$Time\ lag = 0,6\ Tc \quad (6)$$

$$Tc = \frac{L^{0,8}(S+1)^{0,7}}{1900y^{0,5}} \quad (7)$$

dengan :

L : Panjang sungai (ft)
S : Retensi maksimum (inch)
y : Kemiringan rerata DAS (%)
Time Lag : Tenggang waktu (jam)
Tc : waktu konsentrasi

Pada saat penelusuran aliran diperlukan parameter *lag* untuk sungai dengan menggunakan persamaan (8). (Putri & Putri, 2018).

$$Tl = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right)^{0,385} \quad (8)$$

dengan :

L : Panjang sungai (km)
s : Kemiringan sungai (%)

2.6 Evaluasi Model

Evaluasi model HEC - HMS terhadap parameter statistik dimaksudkan untuk memberikan gambaran tingkat akurasi model terhadap kondisi dilapangan (Nurdianyoto, 2019). Salah satu evaluasi model, yaitu Percent Bias (PBIAS) dengan menggunakan persamaan (9).

$$PBIAS = \left[\frac{(y1 - y2) \times 100}{y2} \right] \quad (9)$$

dengan :

y1 : nilai hasil observasi
y2 : nilai hasil simulasi

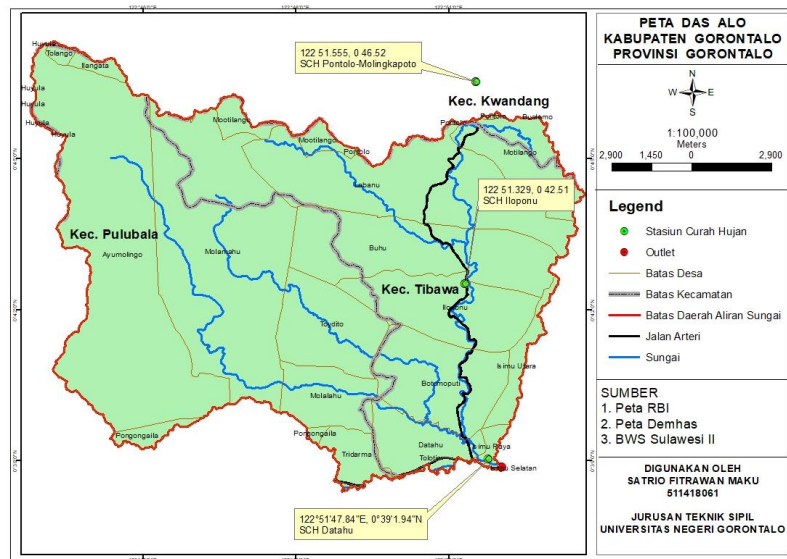
Tabel 1. Klasifikasi PBIAS

Klasifikasi	PBIAS
Sangat Baik	$PBIAS < \pm 5$
Baik	$\pm 5 \leq PBIAS \leq \pm 10$
Memuaskan	$\pm 10 \leq PBIAS \leq \pm 15$
Tidak Memuaskan	$PBIAS \geq 15$

(Nurdianyoto, 2019)

3. METODE PENELITIAN

Riset ini dilangsungkan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Alo yang berada di Kabupaten Gorontalo dengan luas 210,495 km². Peta DAS Alo diperlihatkan pada Gambar 1.



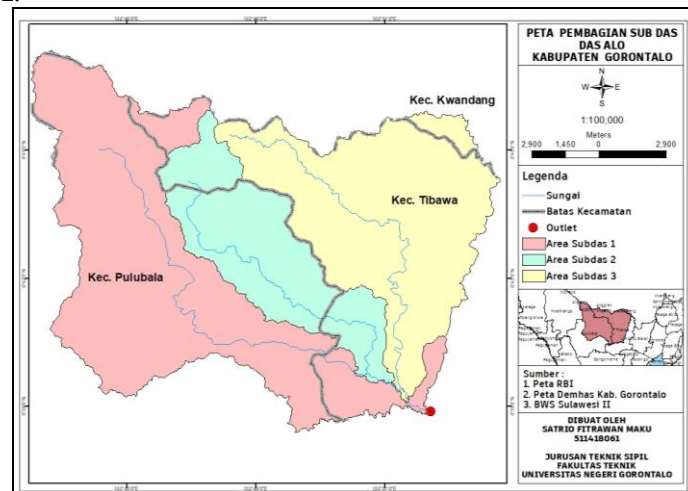
Gambar 1. Peta DAS Alo

Data primer pada riset ini berupa DAS Alo. Karakteristik DAS Alo berbukit terutama dibagian utara Kecamatan Tibawa dan sebagian Pulubala. Selain itu, terdapat lahan – lahan pertanian yang tidak diolah lagi. Disamping itu juga beberapa lahan pertanian berada dialiran sungai. Data sekunder diantaranya data curah hujan 10 tahun (2012-2021), data debit, peta DAS Alo, peta tutupan lahan DAS Alo, data jenis tanah dan kemiringan lahan.

Metode analisis data, yaitu dengan memasukkan peta DAS Alo sebagai latar belakang model HEC – HMS dan parameter analisis dan selanjutnya dilakukan running model. Kajian dilakukan sebanyak dua kali, pertama dengan tata guna lahan saat ini dan kedua dengan RTRW 2032 dan tata guna lahan dengan periode ulang T tahun. Hasil kajian tentang pengaruh perubahan kondisi lahan terhadap debit banjir pada kondisi saat ini dan kondisi berlandaskan RTRW menjadi dasar pengembangan pengelolaan tata guna lahan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memudahkan analisis maka dilakukan pembagian subdas. Pembagian subdas di DAS Alo ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pembagian Subdas Alo

4.1 Hujan Wilayah

Di DAS Alo terdapat 3 Stasiun Curah Hujan (SCH) yang berpengaruh, yakni SCH Iloponu, SCH Pontolo-Molingkapoto, dan SCH Datahu. Pos Duga Air berada di Jembatan Isimu dengan data debit menggunakan debit maksimum tahunan tahun 2012, 2015, 2019 sesuai dengan data penggunaan lahan yang diperoleh. Curah hujan maksimum wilayah ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 2. Curah Hujan Wilayah Maksimum

Tahun	Hujan Harian
-------	--------------

Rata – Rata Maksimum (mm)	
2012	59,4562
2013	85,2326
2014	83,5540
2015	70,8389
2016	105,6287
2017	94,2409
2018	98,5638
2019	53,0336
2020	94,8967
2021	139,0542

4.2 Analisis Frekuensi

Jumlah curah hujan yang diproyeksikan sama atau melebihi satu kali dalam T tahun, berdasarkan data curah hujan yang dikumpulkan selama beberapa tahun pengamatan. Curah hujan ini disebut sebagai curah hujan dengan periode ulang T-tahun. Empat metode distribusi yakni Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III dianalisis untuk menentukan curah hujan yang diantisipasi. Tabel 6 menampilkan hasil perhitungan.

Tabel 3. Curah Hujan Rencana Berdasarkan 4 Metode Distribusi

Distribusi	R ₂	R ₅	R ₁₀	R ₂₅	R ₅₀	R ₁₀₀
Normal	88,45	109,16	120,01	130,62	139,00	145,91
Log Normal	85,38	108,24	122,56	138,39	152,34	164,87
Gumbel	86,04	115,48	134,97	159,60	177,87	196,00
Log Pearson Tipe III	85,46	108,33	122,55	139,72	152,31	164,00

Uji Chi Square dan Uji Smirnov Kolmogorov ialah dua metode yang dipakai dalam pengujian parameter statistik dasar dan pengujian kesesuaian untuk menentukan apakah data konsisten dengan jenis distribusi teoritis (teknik perhitungan curah hujan yang direncanakan) yang dipilih.

Pengujian parameter statistik ditunjukkan pada Tabel 7. Berdasarkan hanya distribusi Log Pearson Tipe III yang memenuhi syarat atau diterima. Selanjutnya dilakukan pengujian Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof, ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 4. Uji Parameter Dasar Statistik

No	Distribusi Frekuensi	Parameter Statistik		
		Syarat	Hasil Perhitungan	Ket.
1	Distribusi Normal	$(\bar{R} \pm Sd) = 68,27\%$	$(\bar{R} \pm Sd) = 70\%$	ditolak
		$(\bar{R} \pm 2Sd) = 95,44\%$	$(\bar{R} \pm 2Sd) = 90\%$	ditolak
		$Cs \approx 0$	$Cs \approx 0,57$	ditolak
		$Ck \approx 3$	$Ck \approx 4,85$	ditolak
2	Distribusi Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$	$0,57 = 0,86$	ditolak
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	$4,85 = 4,34$	ditolak
3	Distribusi Gumbel	$Cs = 1,14$	$Cs = 0,57$	ditolak
		$Ck = 5,4$	$Ck = 4,85$	ditolak
4	Distribusi Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai diatas		

Tabel 5. Uji Kecocokan Distribusi

No	Distribusi Frekuensi	Uji Chi Kuadrat			Uji Smirnov Kolmogorov		
		$(\alpha = 5\%)$			$(\alpha = 5\%)$		
		X^2	$X^2 < X^2_{cr}$	Ket.	D_{max}	D_0	Ket.
1	Distribusi Normal	2	5,991	diterima	0,068173	0,409	diterima
2	Distribusi Log Normal	3	5,991	diterima	1,161325	0,409	ditolak
2	Distribusi Gumbel	3	5,991	diterima	0,096338	0,409	diterima
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	3	5,991	diterima	0,155517	0,409	diterima

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8, Hujan Rencana yang digunakan adalah hujan rencana berdasarkan metode perhitungan Distribusi Log Person Type III karena memenuhi dibandingkan distribusi lainnya.

4.3 Distribusi Hujan Jam - Jaman

Hujan rencana berlandaskan Distribusi Log Person Type III diubah dalam bentuk jam – jaman dengan durasi 24 jam dengan menggunakan metode Mononobe untuk menentukan intensitas curah hujan per jam.

4.4 Kemiringan Lahan dan Sungai

Kemiringan didapat berdasarkan pengolahan data menggunakan software Arcgis. Terdapat 5 kelas kemiringan untuk lahan, yaitu datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Kemiringan lahan ditunjukkan pada Gambar 3, 4 dan 5 dan hasil pengolahan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 6. Kemiringan Lahan DAS Alo

DAS	Luas (km ²)	Presentase	Kemiringan
Subdas 1	97,841	46,48%	29,17%
Subdas 2	41,372	19,65%	29,81%
Subdas 3	71,283	33,86%	26,93%
Total	210,495	100,00%	

Kemiringan lahan di DAS Alo diatas 25% dan kurang dari 45%. Artinya, ketiga subdas tersebut masuk kategori lereng curam. Sementara untuk kemiringan sungai tunjukan pada tabel 10.

Tabel 7. Panjang dan Kemiringan Sungai di DAS Alo

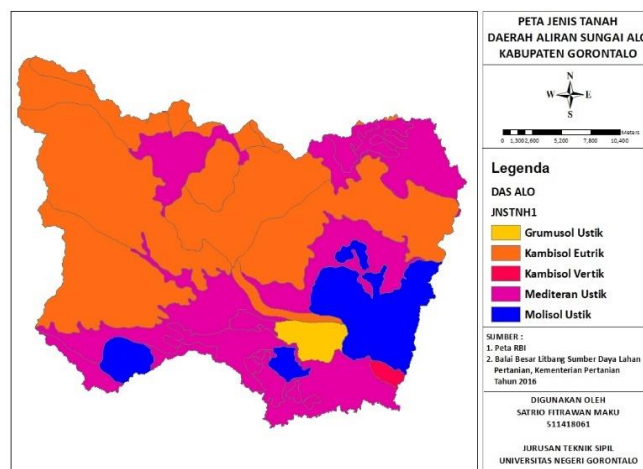
Sungai	Beda Tinggi		Panjang Sungai (km)	Slope
	Tinggi	Rendah		
Reach 1	432	36	20,864	2,417
Reach 2	301	36	17,258	1,952
Reach 3	370	32	21,778	1,976
Reach 4	36	32	2,655	0,212
Reach 5	32	30	1,749	0,138

4.5 Jenis Tanah

Berdasarkan peta jenis tanah Provinsi Gorontalo, pada umumnya jenis tanah di DAS Alo terdiri atas Grumusol, Kambisol, Mediteran, dan Molisol. Kelompok tanah didominasi oleh kelompok tanah D dan B seperti tunjukan pada gambar 2 dan tabel 11.

Tabel 8. Luasan, Tekstur dan Kelompok Tanah di DAS Alo

Jenis Tanah	Luas (km ²)	Tekstur Tanah	Kelompok Tanah
Grumusol	4,274	lempung berliat	D
Kambisol	112,647	liat berdebu	D
Mediteran	70,547	lempung	B
Molisol	23,027	lempung berpasir	B
Total	210,495		



Gambar 3. Peta Jenis Tanah Provinsi Gorontalo

4.6 Penggunaan Lahan

Pemanfaatan lahan saat ini pada tahun 2012, 2015, dan 2019 serta pemanfaatan lahan berdasarkan RTRW mencakup data pemanfaatan lahan yang dikumpulkan dari Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan

Sumber Daya Hutan dan Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (KLHK). Pemanfaatan lahan DAS Alo mayoritas berupa lahan terbuka, persawahan, pertanian lahan kering campuran dengan semak belukar, hutan lahan kering sekunder, perkampungan, dan pertanian lahan kering. Tabel 12 memperlihatkan bahwa, dalam keadaan saat ini, lahan terbuka memiliki luas tahunan paling kecil dan pertanian lahan kering campuran dengan semak belukar memiliki luas tahunan terbesar. Sedangkan sesuai dengan arahan RTRW 2032, pertanian lahan kering menjadi yang tertinggi.

Tabel 9. Luas Penggunaan Lahan di DAS Alo

Penggunaan Lahan	Luas (km ²)				+/-
	2012	2015	2019	2032	
Hutan Lahan Kering Sekunder	42,8335	36,4546	34,5805	78,0668	43,5
Pemukiman	5,5951	5,5951	4,9998	19,1097	14,1
Pertanian Lahan Kering	25,8239	27,9192	31,2006	50,2043	19,0
Pertanian Lahan Kering Bercampur	104,0078	101,9125	116,6097	47,2868	-69,3
Sawah	7,2469	7,2469	3,9778	2,8481	-1,1
Semak/Belukar	24,9877	30,9579	17,8201	12,9686	-4,9
Tanah Terbuka	0,0000	0,4088	1,3065	0,0104	-1,3
Total	210,495	210,495	210,495	210,495	

4.7 Analisis Curve Number (CN)

CN merupakan salah satu indikator yang diperlukan untuk menghitung debit saat pemodelan di HEC-HMS. Semakin tinggi nilai CN akan sangat mempengaruhi nilai debit. Nilai CN dipengaruhi oleh jenis tanah dan luas penggunaan lahan. Rekapitulasi hasil perhitungan CN komposit per subdas ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 10. Nilai CN Komposit

DAS	CN Komposit			
	2012	2015	2019	2032
Subdas 1	74,92	74,88	75,38	74,75
Subdas 2	75,94	75,94	77,08	75,05
Subdas 3	74,63	74,90	75,13	71,99

4.8 Parameter Model Loss

Parameter loss pada HEC-HMS menggunakan metode SCS Curve Number. Pada metode tersebut terdapat tiga nilai parameter yang diisi, yaitu nilai *Curve Number* (CN), nilai *initial abstraction* (Ia), dan nilai *impervious* (Imp).

Tabel 11. Parameter Loss SCS Curve Number

Tahun	Subdas	CN	S	Ia (mm)	Imp (%)
2012	Subdas 1	74,92	85,03	17,006	10,86
	Subdas 2	75,94	80,46	16,091	13,09
	Subdas 3	74,63	86,34	17,269	16,87
2015	Subdas 1	74,88	85,21	17,042	11,05
	Subdas 2	75,94	80,46	16,091	13,09
	Subdas 3	74,90	85,12	17,024	16,87
2019	Subdas 1	75,38	82,97	16,593	11,54
	Subdas 2	77,08	75,51	15,102	14,23
	Subdas 3	75,13	84,10	16,820	17,30
RTRW 2032	Subdas 1	74,75	85,82	17,164	15,80
	Subdas 2	75,05	84,44	16,889	15,56
	Subdas 3	71,99	98,85	19,770	15,9

4.9 Parameter Model Transform

Teknik Hidrograf Satuan SCS dipakai dalam riset ini untuk menentukan parameter transformasi. Lagtime adalah satu-satunya parameter yang akan diberikan, dan nilainya ditentukan memakai waktu konsentrasi (Tc).

Tabel 12. Parameter Transform SCS Unit Hydrograph

Tahun	Subdas	Lagtime	
		Jam	menit

2012	Subdas 1	1,42	85,08
	Subdas 2	1,00	59,80
	Subdas 3	1,31	78,71
2015	Subdas 1	1,41	84,56
	Subdas 2	1,00	59,80
	Subdas 3	1,30	78,11
2019	Subdas 1	1,39	83,36
	Subdas 2	0,96	57,83
	Subdas 3	1,29	77,60
RTRW	Subdas 1	1,41	84,89
2032	Subdas 2	1,02	61,37
	Subdas 3	1,41	84,78

4.10 Parameter Model Routing

Parameter *routing* yaitu penelusuran aliran. Pada penelitian *routing* menggunakan metode lag dengan menggunakan persamaan 1.8. Parameter yang akan diinput, yaitu *lag*.

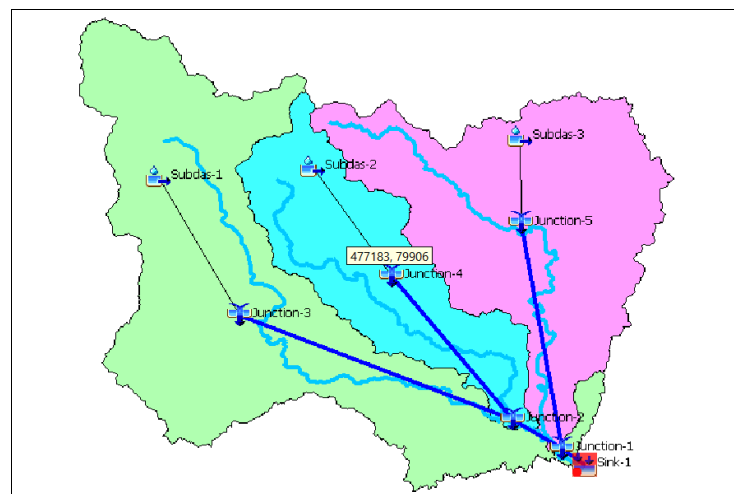
Tabel 13. Parameter Routing

Sungai	Lag Jam	Menit
Reach 1	0,29	17,64
Reach 2	0,28	16,55
Reach 3	0,33	19,70
Reach 4	0,15	9,20
Reach 5	0,13	7,87

4.11 Basin Model HEC HMS

Basin Model berisi gambaran DAS dengan jejaringnya. DAS Alo yang telah dideliniasi menggunakan Arcgis dimasukkan kedalam HEC – HMS dan dilakukan penggambaran subdas (*subbasin*), sungai (*reach*), pertemuan antar sungai (*junction*) dan Pos Duga Air (*sink*).

Subdas 1 terhubung ke *junction* 3 dan mengalir ke *reach* 1, subdas 2 terhubung ke *junction* 4 dan mengalir ke *reach* 2 dan subdas 3 terhubung ke *junction* 5 dan mengalir ke *reach* 3. Aliran dari *reach* 1 dan *reach* 2 mengalir ke *junction* 2 sementara *reach* 3 terhubung ke *junction* 1. *Junction* 2 dan *junction* 1 dihubungkan oleh *reach* 4. *Reach* 4 mengalir ke *sink* yang merupakan outlet atau pos duga air yang berada di Jembatan Isimu.

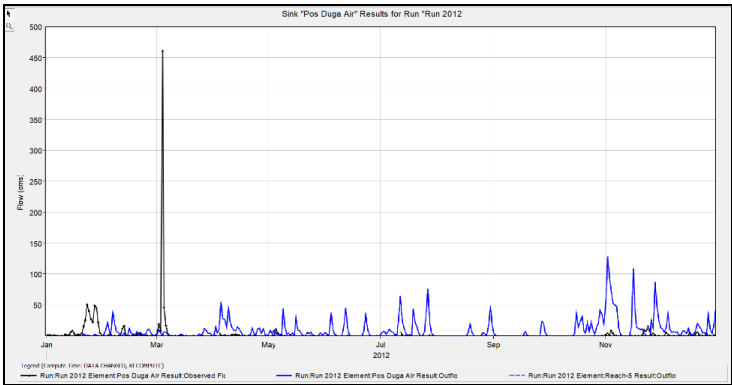


Gambar 4. Basin Model HEC - HMS

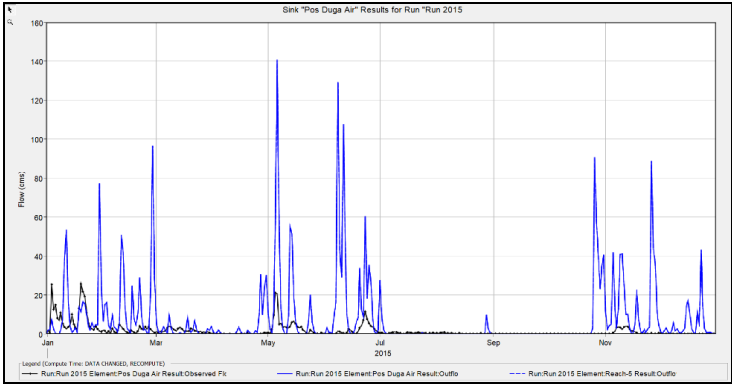
4.12 Running Model Pencocokan Debit Lapangan terhadap Penggunaan Lahan

Simulasi pertama dilakukan pada kondisi eksisting tahun 2012, 2015 dan 2019 untuk melakukan pencocokan penggunaan lahan dengan data debit lapangan ditahun yang sama. Hasil simulasi

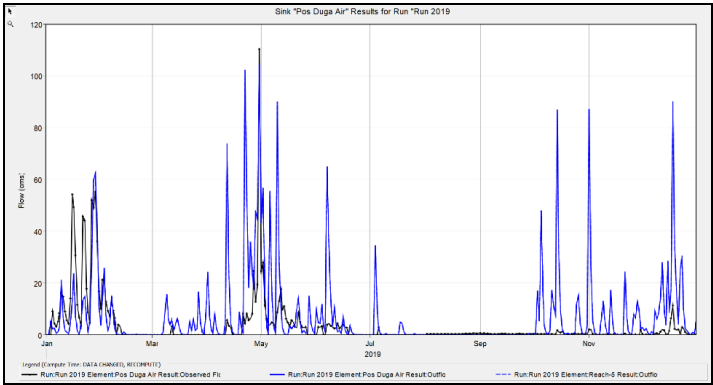
memperlihatkan pada tahun 2012 dan 2015 tidak menunjukkan kondisi ril dilapangan, dimana debit simulasi dengan debit lapangan terjadi perbedaan. Sedangkan pada tahun 2019 menunjukkan kemiripan debit puncak simulasi dan debit puncak lapangan.



Gambar 2. Grafik Kontrol Simulasi HEC - HMS Tahun 2012



Gambar 3. Grafik Kontrol Simulasi HEC - HMS Tahun 2015



Gambar 7. Grafik Kontrol Simulasi HEC - HMS Tahun 2019

Agar hasil simulasi dapat memberikan gambaran tingkat akurasi model maka dilakukan menggunakan rumus Percent Bias (PBIAS). Rekapitulasi simulasi pencocokan terhadap debit lapangan ditunjukan pada tabel 17.

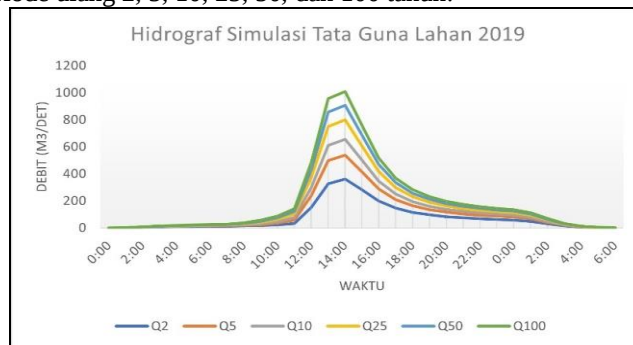
Tabel 14. Pencocokan Debit Model terhadap Debit Lapangan

Tahun	Tanggal	Q Puncak Simulasi (m³/det)	Tanggal	Q Puncak Lapangan (m³/det)	PBIAS (%)
2012	2-Nov	128,5	4-Mar	460,5	72,10
2015	6-May	140,9	19-Jan	25,7	448,25
2019	30-Apr	104,5	30-Apr	110,3	5,26

Berdasarkan Tabel 17 kecocokan debit puncak simulasi dan debit puncak lapangan hanya terjadi pada tahun 2019 dengan PBIAS sebesar 5,35% atau masuk dalam kategori baik sehingga nilai CN dianggap mewakili penggunaan lahan dan dapat digunakan untuk simulasi selanjutnya.

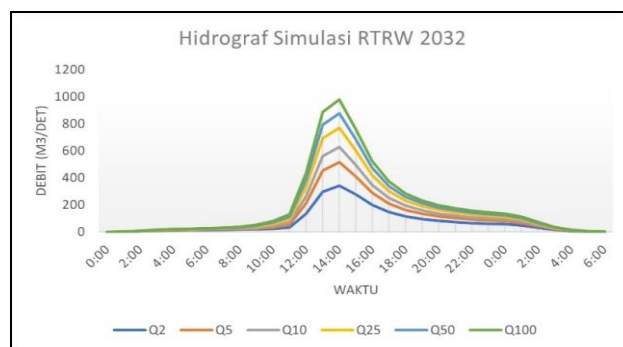
4.13 Running Model Kondisi Eksisting Tahun 2019 dan RTRW 2032

Untuk memperkirakan besarnya debit rencana yang akan terjadi dimasa depan maka dilakukan analisis menggunakan HEC-HMS berdasarkan kondisi penggunaan lahan pada tahun 2019 dan menurut RTRW 2032 dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.



Gambar 4. Grafik Simulasi HEC-HMS Penggunaan Lahan 2019

Berdasarkan gambar 8, puncak debit banjir untuk penggunaan lahan tahun 2019, Q_2 sebesar 359,9 m^3/det , Q_5 sebesar 536,7 m^3/det , Q_{10} sebesar 652,3 m^3/det , Q_{25} sebesar 795,5 m^3/det , Q_{50} sebesar 902,8 m^3/det , dan Q_{100} sebesar 1003,5 m^3/det . Pada pencatatan debit lapangan pada tahun 2019 sebesar 110,3 m^3/det atau mendekati debit periode ulang 2 tahunan.



Gambar 5. Grafik Simulasi HEC-HMS Penggunaan Lahan Menurut RTRW 2032

Berdasarkan gambar 9, puncak debit banjir pada kondisi RTRW 2032, Q_2 sebesar 342,6 m^3/det , Q_5 sebesar 514,9 m^3/det , Q_{10} sebesar 628,3 m^3/det , Q_{25} sebesar 769,7 m^3/det , Q_{50} sebesar 875,8 m^3/det , dan Q_{100} sebesar 975,6 m^3/det .

Tabel 15. Rekapitulasi Simulasi Penggunaan Lahan 2019 dan RTRW 2032

Periode Ulang	Debit Tahun 2019 (m^3/det)	Debit RTRW 2032 (m^3/det)	+/ (m^3/det)
Q_2	359,9	342,6	17,3
Q_5	536,7	514,9	21,8
Q_{10}	652,3	628,3	24,0
Q_{25}	795,7	769,7	26,0
Q_{50}	902,8	875,8	27,0
Q_{100}	1003,5	975,6	27,9

Tabel 18 menunjukkan debit pada kondisi penggunaan lahan 2019 lebih besar daripada penggunaan lahan RTRW 2032. Kondisi tersebut tidak ideal untuk mereduksi debit banjir dimasa depan. Olehnya, perlu dilakukan evaluasi untuk mengurangi debit banjir dimasa yang akan datang.

4.14 Pengaturan Tata Guna Lahan

Agar dapat mereduksi banjir dimasa depan maka dilakukan penatagunaan lahan pada kondisi eksisting tahun 2019 dengan tetap memperhatikan pola RTRW 2032. Terdapat dua skenario penatagunaan lahan yang memungkinkan untuk dilaksanakan dalam mengurangi debit banjir. Pengaturan penggunaan lahan dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi luasan lahan yang dianggap paling mempengaruhi terhadap nilai CN.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Penggunaan Lahan 2019 & Skenario 1

Pada skenario 1 luasan hutan lahan kering sekunder dilakukan penambahan sehingga menjadi 69,31 km² (naik 16,5%), dengan mempertimbangkan kenaikan jumlah penduduk maka pemukiman dan pertanian lahan kering masing – masing ditambah 6% menjadi 17,63 km² dan 43,83 km², pertanian lahan kering bercampur semak yang memiliki luas paling besar dikurangi 25,8% menjadi 62,13 km² dan dialifungsikan menjadi pemukiman dan lahan pertanian, sementara luasan sawah tidak ada perubahan, sedangkan semak/belukar dan tanah terbuka tidak terjadi perubahan yang signifikan dimana masing – masing berkurang 2% dan 0,6%.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Penggunaan Lahan 2019 & Skenario 2

Pada skenario 2 luasan hutan lahan kering sekunder ditambah 20,6% sehingga menjadi 77,9 km², pemukiman naik 6,5% sehingga memiliki luasan 18,68 km², pertanian lahan kering bertambah 18,9 km² (naik 9%) sehingga menjadi 50,15 km², pertanian lahan kering bercampur semak yang memiliki luas paling besar berkurang 32,5% menjadi 48,20 km² dan dialifungsikan menjadi pemukiman dan lahan pertanian, sementara luasan sawah berkurang 0,5% sehingga menjadi 2,93 km², sedangkan semak/belukar dan tanah terbuka masing – masing berkurang 2,5% dan 0,62%.

Perubahan luasan penggunaan lahan mengakibatkan berubahnya parameter yang akan diinput pada program HEC-HMS, yaitu nilai CN, initial abstraction, impervious, dan lagtime. Perhitungan nilai tersebut sama seperti perhitungan pada kondisi eksisting 2019.

Tabel 16. Parameter HEC-HMS pada Skenario 1 dan 2

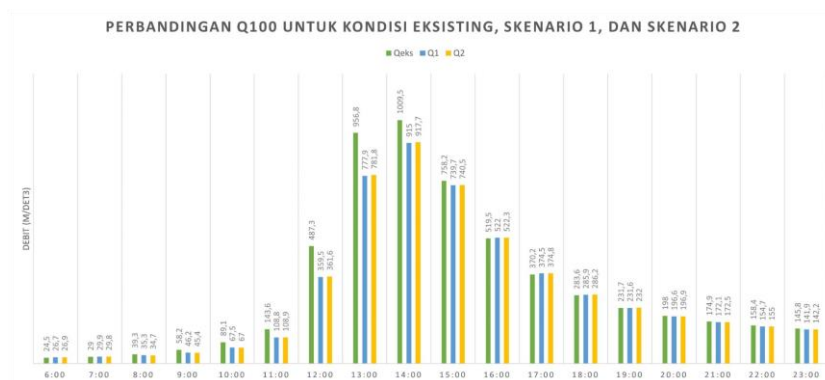
Subdas	CN-1	CN-2	Ia-1 (mm)	Ia-2 (mm)	Imp-1 (%)	Imp-2 (%)	Tlag-1 (min)	Tlag-2 (min)
Subdas 1	74,62	72,55	17,28	19,22	14,62	14,83	85,20	90,31
Subdas 2	68,71	69,81	23,13	21,97	16,22	14,49	73,11	70,98
Subdas 3	68,12	70,66	23,78	21,10	17,02	18,07	94,14	87,92

4.15 Running Model Tata Guna Lahan Skenario 1 dan Skenario 2

Simulasi ini dimaksudkan untuk melihat debit rencana yang dihasilkan berdasarkan penatagunaan lahan skenario 1 dan Skenario 2. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 12 dan Tabel 20.

Tabel 17. Perbandingan Debit Rencana Tata Guna Lahan Skenario 1 dan 2

Periode Ulang	Q Eksisting 2019 (m ³ /det)	Q Skenario 1 (m ³ /det)	Q Skenario 2 (m ³ /det)	Penurunan Debit Skenario 1 (m ³ /det)	Presentase (%)	Penurunan Debit Skenario 2 (m ³ /det)	Presentase (%)
Q ₂	359,9	307,1	307,0	52,8	14,67	52,9	14,70
Q ₅	536,7	470,1	470,8	66,6	12,41	65,9	12,28
Q ₁₀	652,3	579,0	580,1	73,3	11,24	72,2	11,07
Q ₂₅	795,7	715,9	717,4	79,8	10,03	78,3	9,84
Q ₅₀	902,8	819,1	821,0	83,7	9,27	81,8	9,06
Q ₁₀₀	1003,5	916,7	918,9	86,8	8,65	84,6	8,43



Gambar 12. Perbandingan Kondisi Eksisting dan Skenario 1 dan 2

Simulasi penatagunaan lahan skenario 1 mampu mereduksi debit lebih besar daripada pada skenario 2 dimana:

1. Periode ulang 2 tahun, skenario 1 mengalami penurunan sebesar 52,8 m³/det dan skenario 2 sebesar 52,9 m³/det.
2. Periode ulang 5 tahun, skenario 1 mengalami penurunan sebesar 66,6 m³/det dan skenario 2 sebesar 65,9 m³/det.
3. Periode ulang 10 tahun, skenario 1 turun sebesar 73,3 m³/det dan skenario 2 turun sebesar 72,2 m³/det.
4. Periode ulang 25 tahun, skenario 1 mengalami penurunan sebesar 79,8 m³/det dan skenario 2 sebesar 78,3 m³/det..
5. Periode ulang 50 tahun, skenario 1 mengalami penurunan sebesar 83,7 m³/det dan skenario 2 sebesar 81,8 m³/det.
6. Periode ulang 100 tahun, skenario 1 mengalami penurunan sebesar 86,8 m³/det dan skenario 2 sebesar 84,6 m³/det.

Meskipun perbedaan presentase penurunan untuk skenario 1 dan skenario 2 tidak terlalu besar namun kedua skenario tersebut menghasilkan debit yang lebih kecil dari kondisi eksisting tahun 2019 dengan tetap memperhatikan batas – batas luasan menurut Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2032.

5. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Berlandaskan temuan analisis maka bisa diambil konklusi:

- 1) Penggunaan lahan di DAS Alo pada tahun 2012, 2015 dan 2019 setelah dilakukan pencocokan antara debit lapangan dengan debit simulasi menggunakan validasi model Percent Bias (PBIAS) menghasilkan nilai baik untuk penggunaan lahan 2019 sedangkan untuk penggunaan lahan 2012 dan 2015 masuk ketagori kurang memuaskan. Sehingga penggunaan lahan tahun 2019 dianggap mewakili penggunaan lahan untuk analisis periode ulang. Simulasi debit rencana dengan penggunaan lahan 2019 menghasilkan debit lebih besar daripada penggunaan lahan menurut RTRW 2032. Oleh sebab itu dibuat pengaturan tata guna lahan untuk mereduksi debit rencana pada tahun 2019.
- 2) Simulasi pengaturan tata guna lahan dengan skenario 1 berhasil mengurangi debit banjir sebesar 8,65% sampai dengan 14,67% terhadap kondisi eksisting tahun 2019. Sedangkan simulasi pengaturan tata guna lahan dengan skenario 2 berhasil mereduksi debit banjir sebesar 8,43% sampai dengan 14,70% terhadap kondisi eksisting tahun 2019. Kedua skenario yang dianalisis

mampu mereduksi debit banjir lebih besar dari kondisi eksisting tahun 2019 sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dimasa depan.

5.2 Saran/Rekomendasi

Adapun saran pada penelitian Analisis Pengaruh Perubahan Kondisi Lahan Terhadap Debit Sungai memakai Program Hec-Hms (Studi Kasus Das Alo, Kabupaten Gorontalo) antara lain:

- 1) Kualitas data sangat berpengaruh terhadap proses analisis, data yang baik dapat memberikan hasil yang akurat. Oleh karena itu, pencatatan data harus dilakukan dengan akurat dan teliti sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai.
- 2) Dalam penanganan banjir disungai Alo perlu dilakukan penatagunaan lahan yang baik khususnya lahan yang mampu mengurangi limpasan langsung seperti lahan terbuka hijau dan hutan produksi maupun hutan lindung. Selain itu, pemerintah perlu membuat aturan yang jelas dalam membatasi dan memperketat penggunaan lahan dibarengi dengan pelaksanaan aturan yang tegas serta sosialisasi terhadap masyarakat di DAS Alo agar dapat menumbuhkan kesadaran lingkungan dengan tidak membuat lahan pertanian dilokasi aliran sungai dalam rangka mencegah terjadinya kenaikan debit air disungai Alo.

REFERENSI

- Azhar, R. A. (2021, November 9). *Banjir Bandang di Gorontalo Makin Meluas, 6 Kecamatan terendam*. Retrieved from Kompas: <https://www.google.com/amp/s/amp.kompas.com/regional/read/2021/11/09/141047978/banjir-bandang-di-gorontalo-makin-meluas-6-kecamatan-terendam>
- Jayadinata, J. (1992). *Tata Guna Tanah Dalam Perencanaan Pedesaan & Wilayah*. Bandung: ITB Press.
- Jayantari, M. W. (2022). *Deliniasi DAS dan Model Hidrologi Menggunakan HEC-HMS*.
- Kodoatie, R. J. (2021). *Rekayasa dan manajemen banjir kota*. Penerbit Andi.
- Nurdianyoto, I. (2019). *Analisis Hujan-Debit Banjir Menggunakan Model HEC HMS Sub Das Sadar Kabupaten Mojokerto*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Putri, A., & Putri, V. V. (2018). *Kajian DAS Beringin Semarang terhadap Perubahan Tata Guna Lahan*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Ridwan, M., & Sarjito, J. (2024). Studi Kajian Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kejadian Banjir di Daerah Aliran Sungai. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 26(1), 38-45.
- Simaremare, I. W., Sumarauw, J. S., & Hendratta, L. A. (2025). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Tougela Keluarahan Masarang Kecamatan Tondano Barat. *TEKNO*, 23(91), 1-11.
- Sudipa, N. (2021). Status daya dukung lahan untuk keberlanjutan pangan di Kabupaten Klungkung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(4), 597-604.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutiyono, Y. (2021). Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Di Das Bengawan Solo Hulu.
- Syaiful, S., Aminda, R. S., Aminda, A., & Sandy, A. M. (2025). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada Das Sekitar Perumahan Bumi Kartika Dramaga, Bogor. *SINKRON: Jurnal Pengabdian Masyarakat UIKA Jaya*, 3(1), 1-13.
- Triatmodjo, B. (2019). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Wiliya & Lasminto, U. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-HMS Di DAS Bengawan Solo. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20, 193-198.
- Wulandari, A., & Andriani, N. (2024). Studi Keanekaragaman Makrofauna Tanah Diurnal Di Area Persawahan Desa Watugaluh Kabupaten Jombang. *Exact Papers in Compilation (EPiC)*, 6(4), 32-38.