

Permodelan Debet Aliran Sungai Jeneberang Berdasarkan Akurasi Inflow Memprediksi Daerah Risiko Genangan Banjir

Nurul Mutmainna¹ | M. Farouk Maricar^{*2} | M Agusalim²

¹ Mahasiswa Program Studi Pengairan,
Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email:
nurulmutmainna115@gmail.com

² Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Makassar,
Indonesia.

Email:
fkmaricar@yahoo.com
m.agusalim@unismuh.ac.id

Korespondensi:
*M. Farouk Maricar
fkmaricar@yahoo.com

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang merupakan wilayah dengan tingkat risiko banjir yang cukup tinggi, terutama pada bagian hilir akibat peningkatan debit aliran sungai yang dipengaruhi oleh curah hujan dan inflow. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan debit aliran Sungai Jeneberang berdasarkan akurasi inflow dalam memprediksi daerah risiko genangan banjir. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi menggunakan metode Polygon Thiessen untuk menentukan hujan rata-rata daerah, distribusi Log Pearson Tipe III untuk menghitung hujan rencana, serta Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu untuk memperoleh debit banjir rancangan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Selanjutnya dilakukan analisis hidraulika dan pemodelan genangan banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kala ulang hujan, maka debit puncak yang dihasilkan juga semakin meningkat sehingga berpotensi memperluas genangan banjir pada wilayah dataran rendah di Sub DAS Jeneberang hilir. Pemodelan ini dapat digunakan sebagai dasar perencanaan mitigasi dan pengendalian banjir.

Kata Kunci:

Sungai Jeneberang, debit aliran, inflow, HSS Nakayasu, HEC-RAS, genangan banjir.

ABSTRACT

The Jeneberang Watershed (DAS Jeneberang) is an area with a relatively high flood risk, particularly in the downstream region due to the increase in river discharge influenced by rainfall and inflow. This study aims to model the discharge of the Jeneberang River based on inflow accuracy in predicting flood inundation risk areas. The methods used include hydrological analysis using the Polygon Thiessen method to determine the average regional rainfall, the Log Pearson Type III distribution to calculate design rainfall, and the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (HSS Nakayasu) to obtain design flood discharge for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years. Furthermore, hydraulic analysis and flood inundation modeling were conducted using the HEC-RAS software integrated with a Geographic Information System (GIS). The results show that higher rainfall return periods produce higher peak discharges, which potentially expand flood inundation areas, particularly in the lowland areas of the downstream Jeneberang Sub-watershed. This modeling can be used as a basis for flood mitigation and flood control planning.

Keywords:

Jeneberang River, Flow Discharge, Inflow, Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph, HEC-RAS, Flood Inundation.

1 | PENDAHULUAN

Provinsi Sulawesi Selatan, khususnya DAS Jeneberang, memiliki tingkat kejadian banjir yang signifikan di Indonesia. Data menunjukkan bahwa banjir adalah jenis bencana yang paling sering terjadi di Indonesia, dengan Sulawesi Selatan memiliki jumlah kejadian banjir tertinggi di Pulau Sulawesi, khususnya daerah aliran sungai Jeneberang yang memiliki risiko banjir yang cukup tinggi (Yulianto et al., 2021).

Menurut (Zahara, 2014) kejadian banjir disebabkan oleh sejumlah faktor, yang dapat dibagi menjadi tiga kategori. Faktor pertama adalah faktor alam, yang mencakup tingginya intensitas curah hujan, keberadaan bendungan, penurunan muka tanah, serta sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan sungai. Faktor kedua berkaitan dengan karakteristik lingkungan fisik, seperti kondisi geografis, bentuk topografi, kemiringan atau morfologi sungai, dan aktivitas sedimentasi. Ketiga, faktor aktivitas manusia, seperti pembangunan di area yang rentan terhadap banjir, perencanaan tata ruang yang tidak tepat di kawasan

dataran banjir dan sepanjang bantaran sungai, pemukiman yang berada terlalu dekat dengan aliran sungai, sistem drainase yang kurang memadai, kebiasaan membuang sampah sembarangan, keterbatasan sarana dan prasarana pengendalian banjir, serta kurangnya pemahaman masyarakat mengenai risiko dan ancaman banjir.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 63/PRT/1993, wilayah penguasaan sungai meliputi dataran banjir, daerah retensi, bantaran, serta kawasan sempadan sungai. Untuk menentukan wilayah yang berisiko banjir, diperlukan analisis hidrologi dengan periode ulang minimal 50 tahun guna mengetahui elevasi dan debit banjirnya. Risiko banjir di suatu area ditentukan oleh tinggi rendahnya permukaan tanah. Dengan memanfaatkan data kontur ketinggian serta analisis hidrologi dan hidrolika, dataran banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat ancaman banjir. Pembagian ini berguna sebagai dasar dalam penataan ruang wilayah kota, agar risiko banjir dapat diprediksi dan diminimalkan. Melalui pemetaan wilayah rawan banjir yang lebih baik, potensi bencana dan kerugian akibat genangan dapat ditekan seminimal mungkin.

Menurut (Ariyani, 2015), Siklus hidrologi adalah proses pergerakan air yang berulang dari permukaan bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi secara terus-menerus. Proses ini berlangsung tanpa henti dan memiliki sifat konstan di berbagai wilayah. Siklus ini dimulai dengan penguapan air ke udara. Air yang menguap tersebut kemudian mengalami proses kondensasi (penggumpalan) di atmosfer, yang menghasilkan gumpalan-gumpalan yang dikenal sebagai awan.

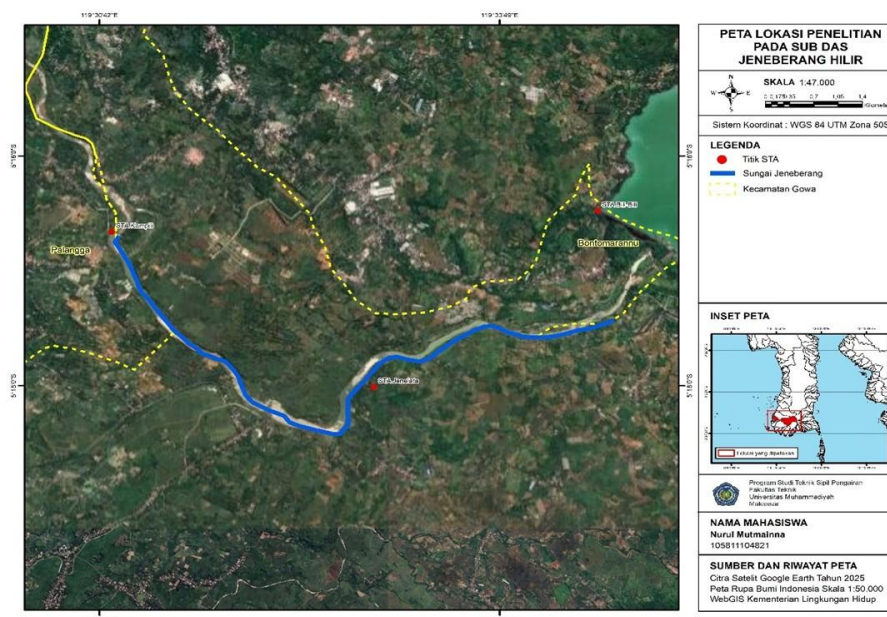
Menurut Sri Harto (1993), HSS Nakayasu digunakan untuk memperkirakan respon hidrograf satuan akibat hujan efektif sebesar 1 mm yang jatuh secara merata di seluruh DAS. Dengan menggunakan parameter waktu dan debit puncak, metode ini dapat menggambarkan bentuk dan waktu aliran banjir yang terjadi.

(Istiarto, 2011) Perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan aliran sungai, dikembangkan oleh River Analysis System (RAS) melalui Hydrologic Engineering Center (HEC), yang merupakan bagian dari Institute for Water Resources (IWR) di bawah naungan US Army Corps of Engineers (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (steady and unsteady one-dimensional flow model). Perangkat lunak ini memiliki empat komponen pemodelan satu dimensi, yaitu perhitungan profil muka air untuk aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, analisis transportasi sedimen, dan perhitungan kualitas air. Salah satu aspek penting dari HEC-RAS adalah bahwa keempat komponen tersebut menggunakan data geometri yang sama, algoritma perhitungan hidraulik yang serupa, serta menyediakan berbagai fitur desain hidraulik yang dapat digunakan setelah simulasi profil muka air selesai dilakukan.

2 | METODE

2.1 | Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Tengah Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang, yang terletak di Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa. Lokasi Penelitian berada koordinat $5^{\circ}14'37.86''\text{S}$ $119^{\circ}29'50.17''\text{E}$ sampai dengan koordinat $5^{\circ}13'35.72''\text{S}$ $119^{\circ}28'28.21''\text{E}$. Wilayah ini dipilih karena dikenal rentan terhadap fenomena genangan banjir, sehingga menjadi fokus utama dalam studi terkait pengelolaan banjir dan mitigasi risiko bencana.



GAMBAR 1. Lokasi penelitian

2.2 | Teknik Pengumpulan Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metode ini menggunakan data yang berupa angka-angka yang terstruktur secara sistematis, serta menggunakan analisis statistik untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan data sekunder yang bersumber dari lembaga resmi, antara lain Dinas Sumber Daya Air Provinsi, serta Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang. Sementara itu, Analisis data dilakukan dengan Pengolahan Data, Analisis DEM (*Digital Elevation Model*), Analisis Hidrologi, Analisis Hidrolika, Analisis Daerah Genangan.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Analisis Debit Sungai

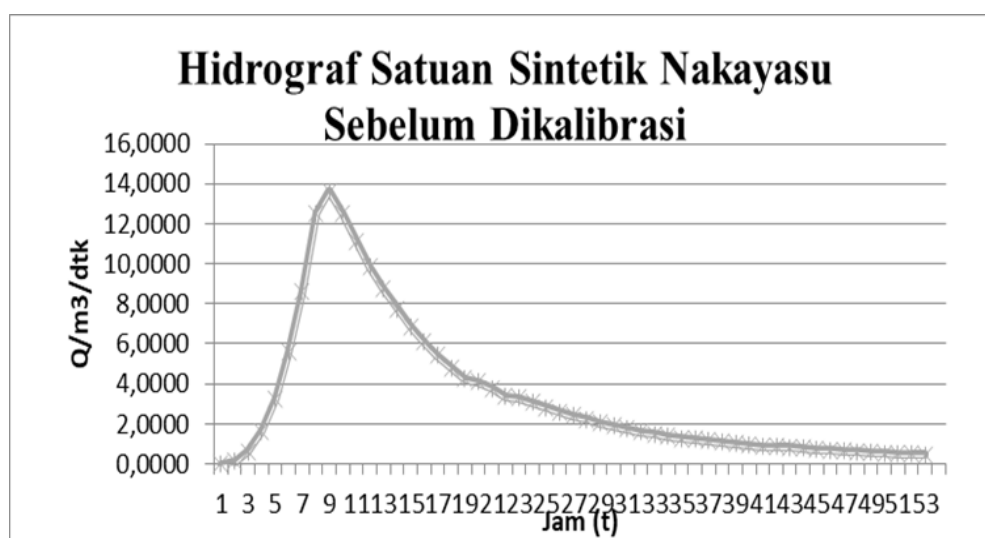
Dalam menentukan debit banjir rencana non hidrograf digunakan metode HSS Nakayasu.

TABEL 1. Perhitungan Debet HSS Nakayasu

t (jam)	Q m ³ /dtk	Keterangan
0	0,0000	
1	0,1172	
2	0,6187	
3	1,6371	
4	3,2654	Q naik
5	5,5786	
6	8,6409	
7	12,5093	
7,258	13,6427	
8	12,4850	Qp
9	11,0794	
10	9,8320	
11	8,7251	
12	7,7428	
13	6,8711	
14	6,0975	
15	5,4110	Q turun1
16	4,8018	
17	4,2612	
17,338	4,0928	
18	3,7815	
19	3,3557	
20	3,3109	
21	3,0575	
22	2,8235	
23	2,6074	
24	2,4078	Q turun2
25	2,2235	
26	2,0533	
27	1,8962	
28	1,7510	

29	1,6170
30	1,4932
31	1,3790
32	1,2734
32,458	1,2278
33	1,1759
34	1,0859
35	1,0028
36	0,9261
37	0,8552
38	0,8818
39	0,8307
40	0,7826
41	0,7372
42	0,6945
43	0,6542
44	0,6163
45	0,5805
46	0,5469
47	0,5152
48	0,4853
49	0,4572

Q turun3



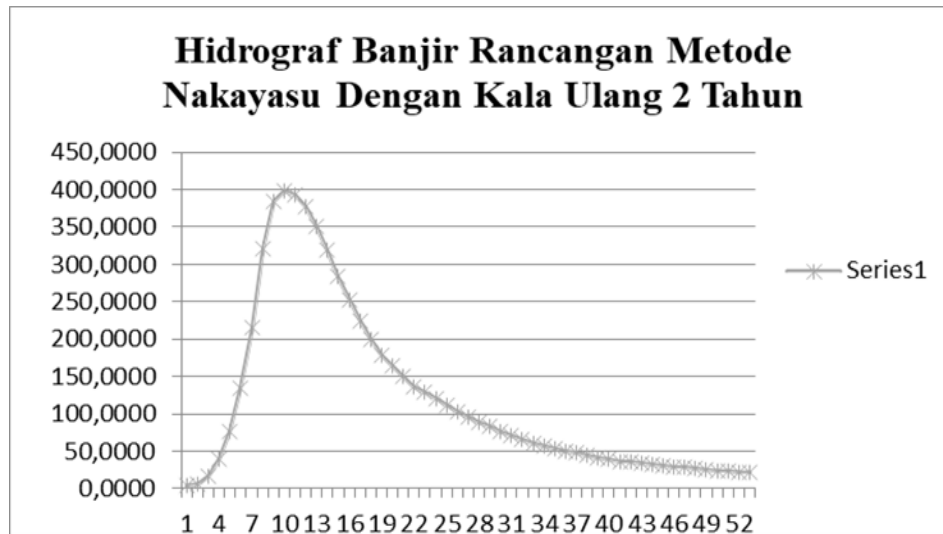
GAMBAR 2. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebelum Dikalibrasi

TABEL 2. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Dengan Kala Ulang 2 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman						Base Flow (m ³ /dtk)	Q total (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
		19,184	4,986	3,498	2,785	2,351	2,055		
0	0,0000	0,0000						3,816	3,8160
1	0,1172	2,2487	0,0000					3,816	6,0647
2	0,6187	11,8689	0,5845	0,0000				3,816	16,2694
3	1,6371	31,4071	3,0850	0,4100	0,0000			3,816	38,7181

4	3,2654	62,6443	8,1634	2,1640	0,3264	0,0000		3,816	77,1141
5	5,5786	107,0201	16,2826	5,7264	1,7228	0,2756	0,0000	3,816	134,8435
6	8,6409	165,7679	27,8168	11,4218	4,5588	1,4548	0,2409	3,816	215,0771
7	12,5093	239,9787	43,0866	19,5128	9,0929	3,8497	1,2717	3,816	320,6085
7,258	13,6427	261,7223	62,3755	30,2242	15,5341	7,6786	3,3651	3,816	384,7159
8	12,4850	239,5137	68,0271	43,7550	24,0615	13,1180	6,7120	3,816	399,0032
9	11,0794	212,5482	62,2546	47,7194	34,8333	20,3190	11,4666	3,816	392,9572
10	9,8320	188,6186	55,2458	43,6702	37,9894	29,4154	17,7611	3,816	376,5164
11	8,7251	167,3831	49,0259	38,7536	34,7658	32,0806	25,7124	3,816	351,5374
12	7,7428	148,5384	43,5064	34,3906	30,8517	29,3584	28,0421	3,816	318,5035
13	6,8711	131,8153	38,6083	30,5187	27,3783	26,0531	25,6626	3,816	283,8522
14	6,0975	116,9750	34,2616	27,0828	24,2959	23,1199	22,7734	3,816	252,3246
15	5,4110	103,8054	30,4043	24,0337	21,5606	20,5170	20,2095	3,816	224,3464
16	4,8018	92,1186	26,9812	21,3279	19,1332	18,2071	17,9342	3,816	199,5181
17	4,2612	81,7475	23,9436	18,9267	16,9791	16,1572	15,9151	3,816	177,4851
17,3376	4,0928	78,5167	21,2479	16,7958	15,0675	14,3382	14,1233	3,816	163,9054
18	3,7815	72,5440	20,4081	14,9049	13,3711	12,7239	12,5332	3,816	150,3013
19	3,3557	64,3767	18,8557	14,3158	11,8658	11,2914	11,1222	3,816	135,6436
20	3,3109	63,5172	16,7329	13,2268	11,3968	10,0202	9,8700	3,816	128,5799
21	3,0575	58,6556	16,5094	11,7377	10,5299	9,6242	8,7588	3,816	119,6316
22	2,8235	54,1661	15,2458	11,5810	9,3444	8,8921	8,4126	3,816	111,4579
23	2,6074	50,0202	14,0789	10,6946	9,2196	7,8910	7,7727	3,816	103,4929
24	2,4078	46,1916	13,0013	9,8760	8,5139	7,7856	6,8976	3,816	96,0821
25	2,2235	42,6561	12,0062	9,1201	7,8623	7,1897	6,8055	3,816	89,4559
26	2,0533	39,3912	11,0872	8,4221	7,2605	6,6394	6,2846	3,816	82,9010
27	1,8962	36,3762	10,2386	7,7774	6,7048	6,1312	5,8036	3,816	76,8479
28	1,7510	33,5920	9,4549	7,1821	6,1916	5,6619	5,3594	3,816	71,2580
29	1,6170	31,0209	8,7313	6,6324	5,7177	5,2286	4,9492	3,816	66,0960
30	1,4932	28,6465	8,0630	6,1248	5,2801	4,8284	4,5704	3,816	61,3291
31	1,3790	26,4539	7,4458	5,6560	4,8759	4,4588	4,2206	3,816	56,9270
32	1,2734	24,4291	6,8759	5,2231	4,5027	4,1175	3,8975	3,816	52,8619
32,458	1,2278	23,5550	6,3496	4,8233	4,1581	3,8024	3,5992	3,816	50,1036
33	1,1759	22,5593	6,1224	4,4541	3,8398	3,5113	3,3237	3,816	47,6268
34	1,0859	20,8326	5,8636	4,2947	3,5459	3,2426	3,0693	3,816	44,6649
35	1,0028	19,2381	5,4148	4,1132	3,4190	2,9944	2,8344	3,816	41,8300
36	0,9261	17,7656	5,0004	3,7984	3,2745	2,8873	2,6175	3,816	39,1596
37	0,8552	16,4058	4,6177	3,5077	3,0239	2,7652	2,5238	3,816	36,6600
38	0,8818	16,9174	4,2642	3,2392	2,7924	2,5536	2,4171	3,816	35,9999
39	0,8307	15,9366	4,3972	2,9913	2,5787	2,3581	2,2321	3,816	34,3100
40	0,7826	15,0127	4,1423	3,0845	2,3813	2,1776	2,0613	3,816	32,6757
41	0,7372	14,1424	3,9021	2,9057	2,4556	2,0109	1,9035	3,816	31,1363
42	0,6945	13,3225	3,6759	2,7373	2,3132	2,0736	1,7578	3,816	29,6964
43	0,6542	12,5502	3,4628	2,5786	2,1791	1,9534	1,8126	3,816	28,3527
44	0,6163	11,8226	3,2621	2,4291	2,0528	1,8402	1,7075	3,816	26,9303
45	0,5805	11,1373	3,0730	2,2883	1,9338	1,7335	1,6085	3,816	25,5903
46	0,5469	10,4916	2,8948	2,1556	1,8217	1,6330	1,5153	3,816	24,3280
47	0,5152	9,8834	2,7270	2,0306	1,7161	1,5383	1,4274	3,816	23,1388
48	0,4853	9,3104	2,5689	1,9129	1,6166	1,4492	1,3447	3,816	22,0187

49 0,4572 8,7707 2,4200 1,8020 1,5229 1,3651 1,2667 3,816 20,9634



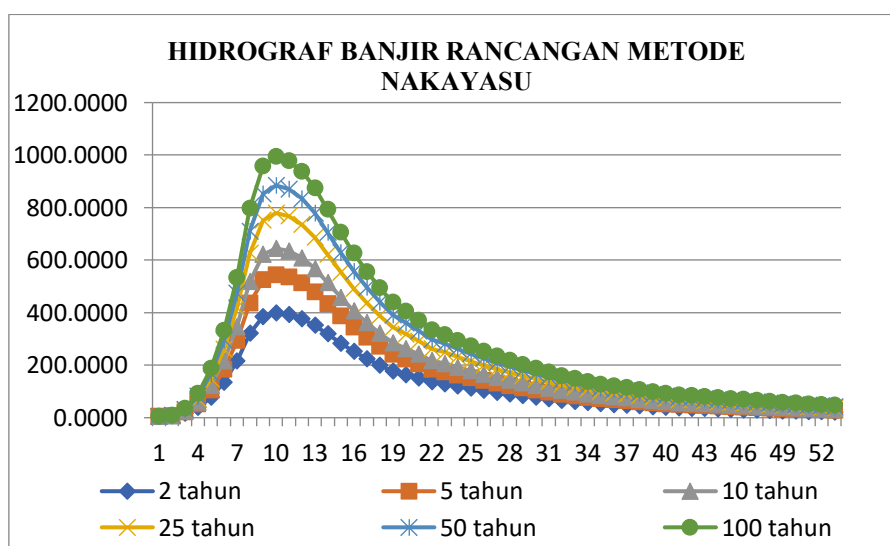
GAMBAR 3. Grafik Hidrograf Satuan HSS Nakayasu

Berdasarkan gambar diatas dapat kita lihat bahwa grafik hubungan Q dan t terus meningkat seiring berjalannya waktu hingga mencapai puncak pada puncak dengan debit 13.6427 m³/dtk di waktu 7.25 jam dan setelah itu grafiknya pun perlahan menurun seiring berjalannya waktu.

TABEL 3. Hasil Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t (jam)	Q total					
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun
0	3,8160	3,8160	3,8160	3,8160	3,8160	3,8160
1	6,0647	6,8856	7,4626	8,2293	8,8270	9,4469
2	16,2694	20,8151	24,0107	28,2565	31,5668	34,9999
3	38,7181	51,4582	60,4143	72,3136	81,5910	91,2127
4	77,1141	103,8697	122,6783	147,6681	167,1517	187,3583
5	134,8435	182,6718	216,2940	260,9658	295,7946	331,9158
6	215,0771	292,1925	346,4030	418,4291	474,5851	532,8248
7	320,6085	436,2454	517,5357	625,5410	709,7486	797,0808
7,258	384,7159	523,7536	621,4942	751,3559	852,6040	957,6093
8	399,0032	543,2561	644,6629	779,3957	884,4415	993,3854
9	392,9572	535,0031	634,8585	767,5299	870,9687	978,2458
10	376,5164	512,5611	608,1977	735,2639	834,3325	937,0773
11	351,5374	478,4642	567,6910	686,2411	778,6700	874,5286
12	318,5035	433,3721	514,1223	621,4100	705,0580	791,8100
13	283,8522	386,0723	457,9308	553,4046	627,8419	705,0413
14	252,3246	343,0362	406,8046	491,5296	557,5864	626,0944
15	224,3464	304,8453	361,4344	436,6207	495,2405	556,0356
16	199,5181	270,9542	321,1722	387,8937	439,9138	493,8643
17	177,4851	240,8786	285,4429	344,6526	390,8161	438,6926
17,338	163,9054	222,3420	263,4216	318,0015	360,5554	404,6883
18	150,3013	203,7721	241,3608	291,3027	330,2404	370,6230
19	135,6436	183,7639	217,5914	262,5359	297,5774	333,9192
20	128,5799	174,1217	206,1366	248,6729	281,8367	316,2312
21	119,6316	161,9070	191,6258	231,1113	261,8965	293,8242

22	111,4579	150,7499	178,3713	215,0701	243,6827	273,3570
23	103,4929	139,8774	165,4550	199,4382	225,9336	253,4123
24	96,0821	129,7615	153,4374	184,8940	209,4196	234,8552
25	89,4559	120,7166	142,6921	171,8897	194,6539	218,2628
26	82,9010	111,7690	132,0626	159,0253	180,0472	201,8491
27	76,8479	103,5063	122,2466	147,1456	166,5584	186,6916
28	71,2580	95,8760	113,1819	136,1752	154,1021	172,6943
29	66,0960	88,8297	104,8110	126,0444	142,5992	159,7683
30	61,3291	82,3227	97,0809	116,6890	131,9767	147,8317
31	56,9270	76,3138	89,9424	108,0497	122,1673	136,8088
32	52,8619	70,7649	83,3502	100,0717	113,1087	126,6295
32	50,1036	66,9997	78,8773	94,6583	106,9622	119,7226
33	47,6268	63,6188	74,8608	89,7974	101,4429	113,5205
34	44,6649	59,5757	70,0577	83,9844	94,8426	106,1037
35	41,8300	55,7060	65,4606	78,4208	88,5254	99,0050
36	39,1596	52,0609	61,1302	73,1800	82,5748	92,3182
37	36,6600	48,6489	57,0768	68,2745	77,0048	86,0592
38	35,9999	47,7478	56,0063	66,9789	75,5338	84,4061
39	34,3100	45,4410	53,2659	63,6624	71,7681	80,1745
40	32,6757	43,2103	50,6158	60,4551	68,1263	76,0823
41	31,1363	41,1088	48,1193	57,4337	64,6958	72,2274
42	29,6964	39,1434	45,7844	54,6079	61,4872	68,6218
43	28,3527	37,3093	43,6055	51,9709	58,4931	65,2573
44	26,9303	35,3676	41,2988	49,1792	55,3233	61,6954
45	25,5903	33,5384	39,1258	46,5494	52,3373	58,3400
46	24,3280	31,8154	37,0788	44,0720	49,5244	55,1791
47	23,1388	30,1922	35,1505	41,7383	46,8746	52,2014
48	22,0187	28,6631	33,3339	39,5398	44,3783	49,3964
49	20,9634	27,2226	31,6227	37,4688	42,0268	46,7540



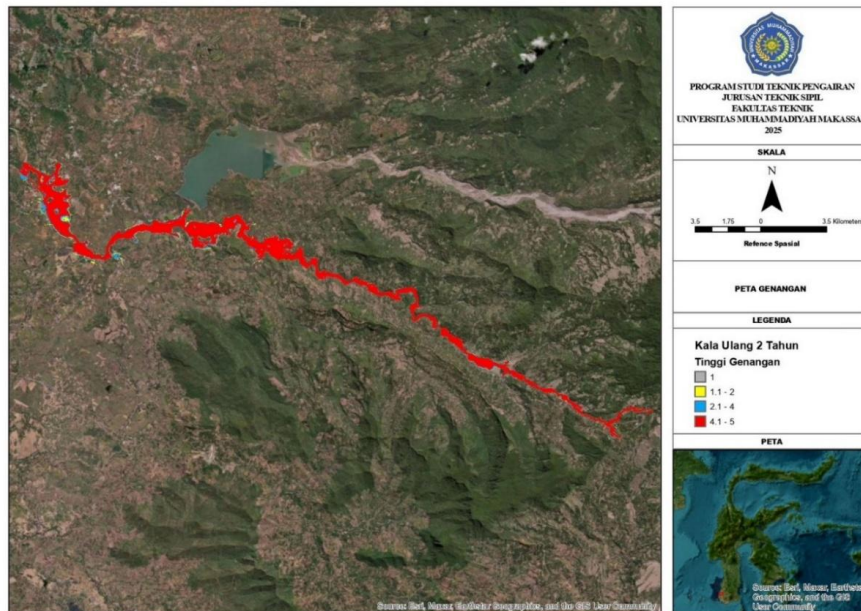
GAMBAR 4. Rekap Grafik HSS Nakayasu

Berdasarkan gambar diatas dapat kita lihat bahwa grafik hubungan Q dan t terus meningkat seiring berjalannya waktu hingga mencapai puncak pada puncak di waktu 7,258 jam dan untuk kala ulang 2 tahun debit puncaknya adalah 384,715

m³/dtk, untuk kala ulang 5 tahun debit puncaknya adalah 523,753 m³/dtk, untuk kala ulang 10 tahun debit puncaknya adalah 621,494 m³/dtk, untuk kala ulang 25 tahun debit puncaknya adalah 751,355 m³/dtk, untuk kala ulang 50 tahun debit puncaknya adalah 852,604 m³/dtk, untuk kala ulang 100 tahun debit puncaknya adalah 957,603 m³/dtk.

3.2 | Analisis Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung aliran debit. Yang dimaksud dengan analisis hidrolika pada penelitian ini adalah simulasi banjir menggunakan program dan pemodelan aliran pada software HEC-RAS.



GAMBAR 5. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 2 Tahun

Berdasarkan Gambar 5, hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q2, pola penyebaran genangan banjir sepanjang Sungai Jeneberang menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan karakteristik morfologi sungai serta topografi wilayah dari hulu hingga hilir. Output visualisasi melalui RAS Mapper memperlihatkan distribusi kedalaman genangan yang terbagi menjadi dua kelas, yakni 1,0–1,5 m (diwakili warna biru muda) dan lebih dari 1,5 m (warna magenta). Secara spasial, genangan mengikuti bentuk memanjang alur sungai dengan intensitas yang meningkat pada wilayah dataran rendah dan area pertemuan anak sungai.

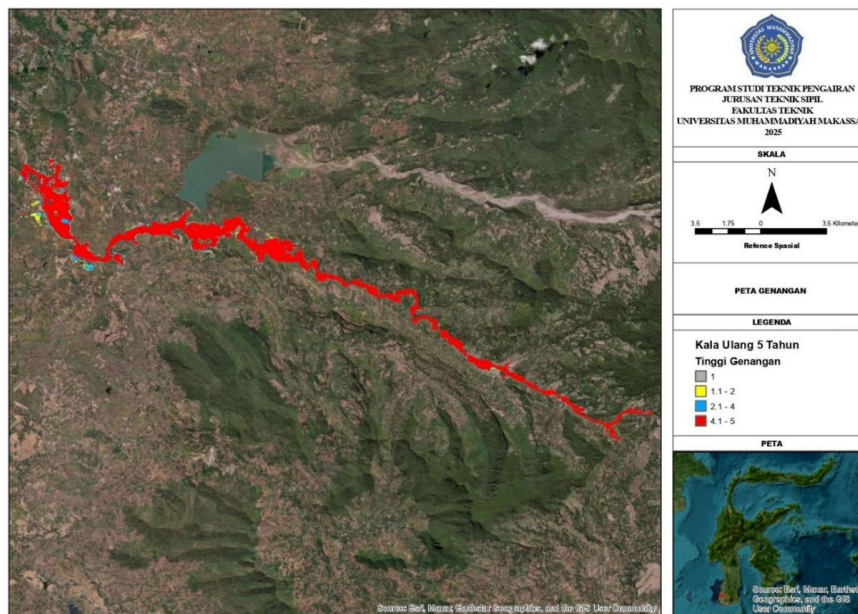
TABEL 4. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 2 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempangang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
1.0 – 1.5	36.522,01	237.427,4	374.461,9	670.601,9	162.349,9	630.410,2
> 1.5	1.309,436	693.375,9	794.405,1	651.972,7	529.424,7	136.339,0

Secara kuantitatif, kategori kedalaman genangan 1,0–1,5 m menunjukkan variasi luasan yang cukup mencolok antar kecamatan. Kecamatan Bontolempangang tercatat mengalami genangan seluas 36.522,01 m², sementara Kecamatan Bungaya dan Manuju masing-masing mencatat 237.427,4 m² dan 374.461,9 m². Kecamatan Bontomarannu merupakan wilayah dengan luasan genangan terbesar dalam kategori ini, yaitu 670.601,9 m², disusul oleh Kecamatan Somba Opu sebesar 630.410,2 m². Adapun Kecamatan Palangga menunjukkan luasan genangan menengah sebesar 162.349,9 m². Pola distribusi ini menunjukkan bahwa wilayah dengan kontur landai dan kedekatan dengan badan sungai utama cenderung mengalami genangan lebih luas meskipun kedalamannya berada pada kategori menengah.

Pada kelas kedalaman lebih dari 1,5 meter, terjadi peningkatan intensitas genangan di sejumlah kecamatan. Kecamatan Manuju mencatat luasan genangan terbesar yaitu 794.405,1 m², diikuti oleh Kecamatan Bungaya sebesar 693.375,9 m². Pada wilayah hilir, Kecamatan Bontomarannu dan Palangga masing-masing menunjukkan luasan genangan sebesar 651.972,7 m² dan 529.424,7 m², sedangkan Kecamatan Somba Opu memiliki luasan genangan terdalam terkecil sebesar 136.339,0 m².

Sementara itu, Kecamatan Bontolempang memiliki genangan terdalam yang relatif kecil yaitu 1.309,436 m². Distribusi genangan pada kedalaman ini mengindikasikan keterbatasan kapasitas saluran sungai dan sistem drainase eksisting dalam menangani limpasan puncak banjir. Oleh karena itu, hasil analisis ini penting sebagai dasar pertimbangan dalam penguatan infrastruktur pengendalian banjir serta penataan ruang adaptif pada wilayah rawan genangan di DAS Jeneberang.



GAMBAR 6. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 5 Tahun

Berdasarkan Gambar 6, hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q5, sebaran genangan banjir sepanjang Sungai Jeneberang menunjukkan pola yang dipengaruhi oleh morfologi sungai dan kondisi topografi di wilayah hilir hingga hulu. Visualisasi melalui RAS Mapper memperlihatkan distribusi genangan dengan klasifikasi kedalaman 1,0–1,5 m (warna biru muda) dan lebih dari 1,5 m (warna magenta). Sebaran genangan tampak memanjang mengikuti alur sungai, dengan akumulasi genangan yang lebih luas terjadi pada wilayah dataran rendah dan area sekitar pertemuan anak sungai. Kondisi ini menegaskan bahwa wilayah tengah dan hilir DAS Jeneberang memiliki respons hidrologi yang lebih sensitif terhadap peningkatan debit kala ulang Q5.

TABEL 5. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 5 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
1.0 – 1.5	40.476,78	225.596	367.809,3	726.895,3	161.541,5	697.253,8
> 1.5	147.341,8	726.995,6	848.595,6	713.638,0	723.076,6	174.920,2

Secara kuantitatif, kategori genangan 1,0–1,5 m menunjukkan variasi luasan antar kecamatan. Kecamatan Bontolempang mengalami genangan seluas 40.476,78 m², sedangkan Bungaya dan Manuju masing-masing mencatat 225.596 m² dan 367.809,3 m². Luas genangan tertinggi pada kategori ini terdapat di Bontomarannu sebesar 726.895,3 m², diikuti oleh Somba Opu dengan 697.253,8 m². Adapun Palangga mengalami genangan menengah sebesar 161.541,5 m². Sebaran nilai tersebut mengindikasikan bahwa kecamatan dengan kontur relatif landai dan kepadatan permukiman yang tinggi cenderung memiliki area genangan yang lebih luas, meskipun kedalamannya berada pada kategori menengah.

Pada kategori kedalaman lebih dari 1,5 meter, intensitas genangan meningkat secara signifikan di beberapa kecamatan. Kecamatan Manuju menjadi wilayah dengan genangan terdalam terbesar yaitu 848.595,6 m², disusul oleh Bungaya sebesar 726.995,6 m². Di wilayah hilir, Palangga, Bontomarannu, dan Somba Opu masing-masing mencatat genangan sebesar 723.076,6 m²; 713.638,0 m²; dan 174.920,2 m². Luasan genangan pada kedalaman ini menunjukkan bahwa kapasitas saluran alami dan drainase eksisting belum mampu mereduksi limpasan puncak pada kejadian banjir tahunan dengan periode ulang moderat. Dengan demikian, hasil analisis ini memberikan dasar empiris bagi penguatan infrastruktur pengendalian banjir dan perencanaan tata ruang adaptif di wilayah DAS Jeneberang.



GAMBAR 7. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 10 Tahun

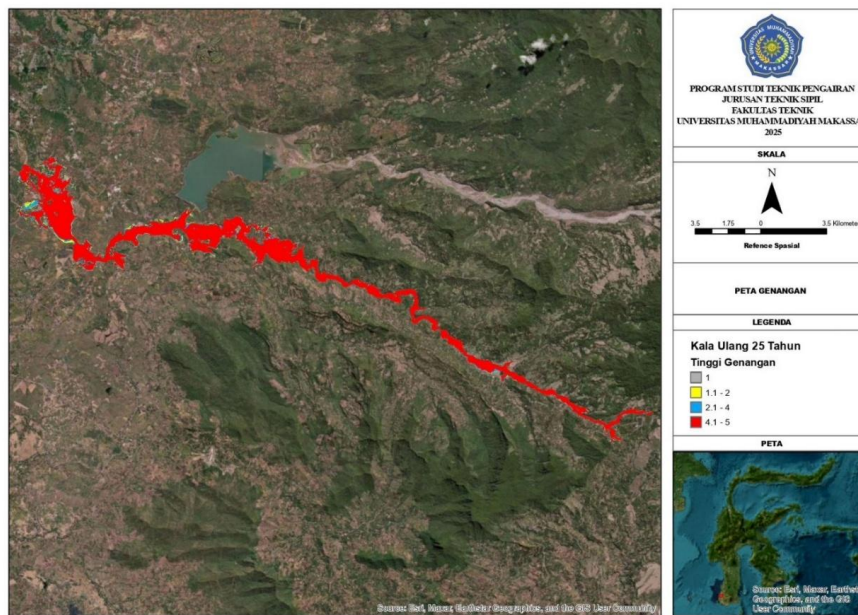
Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q10, pola penyebaran genangan banjir di sepanjang alur Sungai Jeneberang memperlihatkan keterkaitan yang erat antara karakteristik morfologi sungai dan kondisi topografi wilayah dari hulu hingga hilir. Visualisasi RAS Mapper menunjukkan empat kelas kedalaman genangan, yaitu <0,5 meter (biru sangat muda), 0,5–1,0 meter (biru muda), 1,0–1,5 meter (biru sedang), dan >1,5 meter (magenta). Secara spasial, genangan memanjang mengikuti aliran sungai, dengan intensitas genangan tertinggi terkonsentrasi pada dataran rendah serta area konvergensi anak sungai. Fenomena ini menunjukkan sensitivitas hidrologis yang tinggi pada wilayah tengah dan hilir DAS Jeneberang terhadap peningkatan debit kala ulang Q10.

TABEL 6. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 10 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
< 0.5	19.482,89	112.850	168.614,4	258.890,8	163.143,2	331.665,5
0.5 – 1.0	20.792,41	115.192,5	170.584,1	355.729	961.955,8	370.055,1
1.0 – 1.5	20.535,25	116.282,7	171.824,8	377.323,6	140.286,6	384.714,8
> 1.5	152.843,0	781.272,9	887.335,8	779.257,7	907.983,1	208.295,9

Secara kuantitatif, kelas kedalaman <0,5 m menunjukkan penyebaran genangan awal di seluruh kecamatan, dengan luasan tertinggi di Kecamatan Somba Opu yaitu 331.665,5 m², disusul oleh Palangga sebesar 163.143,2 m² dan Bontomarannu seluas 258.890,8 m². Pada kelas kedalaman 0,5–1,0 m, terjadi peningkatan luasan genangan, terutama di Kecamatan Palangga dengan nilai mencapai 961.955,8 m², yang merupakan luasan terbesar pada kelas ini. Bontomarannu dan Somba Opu juga menunjukkan genangan yang signifikan, masing-masing sebesar 355.729 m² dan 370.055,1 m². Pola peningkatan ini mengindikasikan bahwa wilayah dengan topografi relatif datar mengalami akumulasi genangan secara progresif seiring bertambahnya kedalaman air.

Pada kedalaman 1,0–1,5 m, distribusi genangan semakin meluas, terutama di Kecamatan Bontomarannu yang mencatat luasan 377.323,6 m² dan Kecamatan Somba Opu sebesar 384.714,8 m². Bungaya dan Manuju juga menunjukkan genangan yang relatif besar, masing-masing sebesar 116.282,7 m² dan 171.824,8 m². Pada kelas terdalam (>1,5 m), luasan genangan meningkat tajam di hampir seluruh kecamatan. Kecamatan Palangga menjadi wilayah dengan genangan terdalam terbesar, yaitu 907.983,1 m², diikuti oleh Manuju sebesar 887.335,8 m² dan Bungaya sebesar 781.272,9 m². Sementara itu, Bontolempang mencatat luasan genangan terdalam yang lebih kecil yaitu 152.843 m². Distribusi genangan pada kedalaman ekstrem ini mengindikasikan keterbatasan kapasitas sungai dan sistem drainase dalam meredam limpasan puncak pada kejadian banjir kala ulang lima tahun. Oleh karena itu, hasil analisis ini memberikan dasar empiris yang kuat dalam penyusunan strategi pengendalian banjir, termasuk peningkatan kapasitas sungai, penyediaan kolam retensi, dan penataan ruang berbasis risiko banjir di wilayah DAS Jeneberang.



GAMBAR 8. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 25 Tahun

Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q25, pola penyebaran genangan banjir di sepanjang alur Sungai Jeneberang menunjukkan keterkaitan erat dengan karakteristik morfologi sungai dan topografi wilayah dari hulu hingga hilir. Visualisasi melalui RAS Mapper memperlihatkan empat kelas kedalaman genangan, yakni <0,5 meter (biru sangat muda), 0,5–1,0 meter (biru muda), 1,0–1,5 meter (biru sedang), dan >1,5 meter (magenta). Secara spasial, genangan cenderung mengikuti arah memanjang alur sungai, dengan akumulasi genangan yang lebih intens pada dataran rendah dan area konvergensi anak sungai. Pola ini mempertegas bahwa wilayah tengah hingga hilir DAS Jeneberang memiliki respons hidrologis yang lebih dominan terhadap peningkatan debit banjir periodik kala ulang lima tahun.

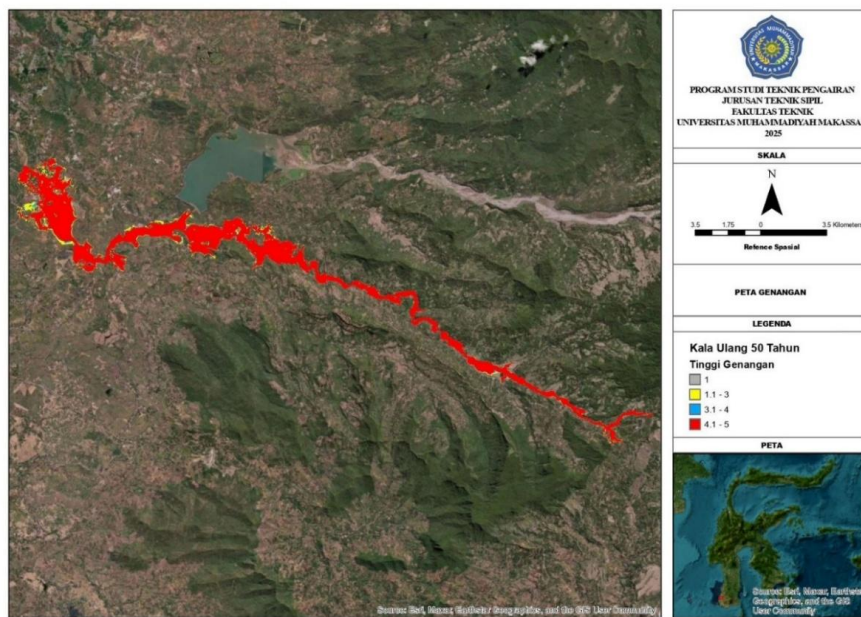
TABEL 7. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 25 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
< 0.5	19.969,84	101.060,1	153.451,3	309.218,2	132.975,1	261.449,9
0.5 – 1.0	20.736,06	103.682,3	163.601,7	716.210,6	175.203,9	429.643,2
1.0 – 1.5	21.015,84	109.297,7	171.663,7	362.186,5	143.210,8	541.548,4
> 1.5	175.940,6	840.357,6	930.241,2	820.193,6	106.711,8	220.593,1

Secara kuantitatif, kelas kedalaman <0,5 m menunjukkan sebaran genangan awal yang relatif merata di seluruh kecamatan. Luasan tertinggi pada kategori ini tercatat di Kecamatan Bontomarannu sebesar 309.218,2 m², disusul oleh Somba Opu sebesar 261.449,9 m² dan Manuju seluas 153.451,3 m². Pada kelas kedalaman 0,5–1,0 meter, terjadi peningkatan luasan genangan secara signifikan di beberapa wilayah, terutama di Kecamatan Bontomarannu yang mencatat luasan terbesar sebesar 716.210,6 m². Kecamatan Somba Opu dan Manuju juga menunjukkan luasan genangan yang cukup besar masing-masing sebesar 429.643,2 m² dan 163.601,7 m². Pola ini menunjukkan bahwa wilayah dengan topografi lebih landai mengalami peningkatan akumulasi genangan seiring bertambahnya kedalaman banjir, yang menandakan keterbatasan kemampuan lahan dalam meresapkan atau mengalirkan limpasan secara efektif.

Pada kelas kedalaman 1,0–1,5 meter, sebaran genangan kembali menunjukkan peningkatan pada kecamatan-kecamatan tertentu, terutama Somba Opu yang mencapai 541.548,4 m², menjadikannya wilayah dengan genangan terbesar pada kategori ini. Kecamatan Bontomarannu dan Manuju juga mencatat luasan signifikan, masing-masing sebesar 362.186,5 m² dan 171.663,7 m². Adapun pada kategori terdalam (>1,5 meter), terjadi lonjakan genangan yang cukup ekstrem di sebagian besar wilayah. Kecamatan Manuju mencatat luasan genangan terdalam terbesar yaitu 930.241,2 m², diikuti oleh Bungaya sebesar 840.357,6 m² dan Bontomarannu sebesar 820.193,6 m². Sementara itu, Kecamatan Palangga memiliki genangan terdalam sebesar 106.711,8 m² dan Bontolempang sebesar 175.940,6 m². Distribusi genangan pada kelas terdalam ini mengindikasikan bahwa kapasitas sungai dan sistem drainase eksisting belum mampu mengendalikan limpasan puncak dengan optimal pada kejadian banjir kala ulang lima tahun. Oleh karena itu, hasil analisis ini memberikan landasan empiris yang kuat

bagi perencanaan peningkatan kapasitas pengendalian banjir, optimalisasi drainase, dan penyusunan strategi penataan ruang berbasis risiko di wilayah DAS Jeneberang.



GAMBAR 9. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 50 Tahun

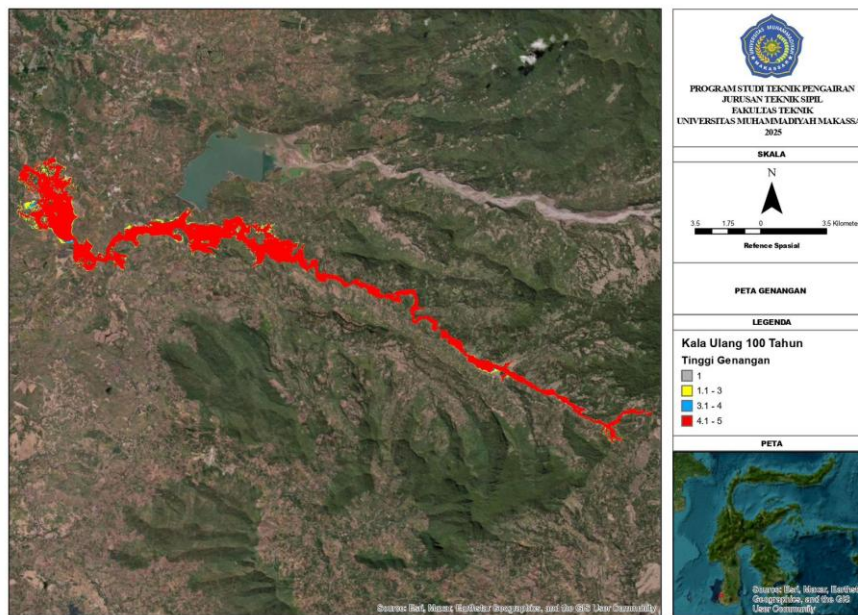
Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q50, penyebaran genangan banjir di sepanjang alur Sungai Jeneberang memperlihatkan pola yang sangat dipengaruhi oleh morfologi sungai dan variasi topografi dari wilayah hulu hingga hilir. Hasil visualisasi melalui RAS Mapper menampilkan empat kelas kedalaman genangan, yaitu <0,5 meter, 0,5–1,0 meter, 1,0–1,5 meter, dan >1,5 meter. Secara spasial, genangan dominan mengikuti alur sungai dengan intensitas lebih besar pada wilayah datar dan area pertemuan aliran. Pola ini menunjukkan adanya kerentanan hidrologis, terutama di bagian tengah hingga hilir DAS Jeneberang, yang merespons signifikan terhadap peningkatan debit banjir pada kala ulang Q50.

TABEL 8. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 50 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempangang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
< 0.5	18.667,32	105.911,8	156.865,9	686.741,8	175.614,6	437.100,2
0.5 – 1.0	20.004,85	109.351,3	168.130,9	307.851,7	131.798,8	270.913,5
1.0 – 1.5	20.963,68	112.371,1	170.761,3	358.403	144.562,6	542.272
> 1.5	180.503,7	834.677,3	929.583,3	829.919,9	106.971,62	220.381,9

Secara kuantitatif, pada kelas kedalaman <0,5 meter, genangan tersebar di seluruh kecamatan dengan luasan terbesar berada di Kecamatan Bontomarannu sebesar 686.741,8 m², disusul oleh Somba Opu sebesar 437.100,2 m² dan Manuju sebesar 156.865,9 m². Pada kedalaman 0,5–1,0 meter, sebagian wilayah kembali menunjukkan peningkatan genangan, terutama Kecamatan Bontomarannu dengan luasan mencapai 307.851,7 m², serta Somba Opu dan Manuju masing-masing sebesar 270.913,5 m² dan 168.130,9 m². Peningkatan ini menegaskan bahwa wilayah-wilayah bertopografi landai mengalami akumulasi genangan yang lebih progresif ketika kedalaman banjir meningkat.

Pada kelas kedalaman 1,0–1,5 meter, kecamatan dengan genangan terbesar adalah Somba Opu dengan luasan 542.272 m², diikuti oleh Bontomarannu sebesar 358.403 m² dan Manuju sebesar 170.761,3 m². Sementara itu, pada kelas terdalam (>1,5 meter) terjadi lonjakan genangan yang signifikan, terutama di Kecamatan Manuju yang mencapai 929.583,3 m², Bungaya sebesar 834.677,3 m², dan Bontomarannu sebesar 829.919,9 m². Adapun Palangga dan Bontolempangang mencatat genangan terdalam yang lebih rendah dibanding kecamatan lain, masing-masing sebesar 106.971,62 m² dan 180.503,7 m². Kondisi ini mengindikasikan bahwa kapasitas sungai dan sistem drainase eksisting belum mampu meredam limpasan puncak secara optimal. Dengan demikian, hasil analisis ini menjadi dasar penting dalam merumuskan strategi mitigasi banjir, termasuk peningkatan kapasitas sungai, pembangunan kolam retensi, dan penataan ruang berbasis risiko di DAS Jeneberang.



GAMBAR 10. Luas dan Tinggi genangan Hujan Periode 100 Tahun

Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika dua dimensi untuk kala ulang Q100, penyebaran genangan banjir di sepanjang alur Sungai Jeneberang memperlihatkan pola yang sangat dipengaruhi oleh morfologi sungai dan variasi topografi dari wilayah hulu hingga hilir. Hasil visualisasi melalui RAS Mapper menampilkan empat kelas kedalaman genangan, yaitu <0,5 meter, 0,5–1,0 meter, 1,0–1,5 meter, dan >1,5 meter. Secara spasial, genangan dominan mengikuti alur sungai dengan intensitas lebih besar pada wilayah datar dan area pertemuan aliran. Pola ini menunjukkan adanya kerentanan hidrologis, terutama di bagian tengah hingga hilir DAS Jeneberang, yang merespons signifikan terhadap peningkatan debit banjir pada kala ulang Q100.

TABEL 9. Luas Genangan Per Kecamatan Periode 100 Tahun

Tinggi Genangan (m)	Luas Genangan per Kecamatan (m ²)					
	Bontolempang	Bungaya	Manuju	Bontomarannu	Palangga	Somba Upu
< 0.5	19.584,29	112.408,3	143.972	753.685,1	142.208,2	439.680,4
0.5 – 1.0	20.181,58	114.437,1	154.385,4	432.086	143.965,5	277.710,8
1.0 – 1.5	20.701,26	118.568,7	165.341,8	362.406,7	144.030,5	550.829,8
> 1.5	169.591,4	827.582,5	949.633,1	848.305,5	114.695,51	226.147,0

Secara kuantitatif, pada kelas kedalaman <0,5 meter, genangan tersebar di seluruh kecamatan dengan luasan terbesar berada di Kecamatan Bontomarannu sebesar 753.685,1 m², disusul oleh Somba Opu sebesar 439.680,4 m² dan Bungaya sebesar 112.408,3 m². Manuju juga mencatat genangan sebesar 143.972 m², sementara Palangga dan Bontolempang masing-masing sebesar 142.208,2 m² dan 19.584,29 m². Pada kedalaman 0,5–1,0 meter, sebagian wilayah kembali menunjukkan peningkatan genangan, terutama di Kecamatan Bontomarannu dengan luasan 432.086 m², serta Somba Opu sebesar 277.710,8 m² dan Bungaya sebesar 114.437,1 m². Peningkatan ini menegaskan bahwa wilayah dengan topografi lebih landai mengalami akumulasi genangan yang semakin signifikan seiring bertambahnya kedalaman banjir.

Pada kelas kedalaman 1,0–1,5 meter, kecamatan dengan genangan terbesar adalah Somba Opu dengan 550.829,8 m², diikuti oleh Bontomarannu sebesar 362.406,7 m² dan Bungaya sebesar 118.568,7 m². Manuju juga mencatat luasan genangan yang cukup besar sebesar 165.341,8 m², sementara Palangga dan Bontolempang masing-masing sebesar 144.030,5 m² dan 20.701,26 m². Adapun pada kelas terdalam (>1,5 meter), terjadi lonjakan genangan yang signifikan di hampir seluruh wilayah. Kecamatan Manuju mencatat genangan terbesar dengan 949.633,1 m², disusul oleh Bungaya sebesar 827.582,5 m² dan Bontomarannu sebesar 848.305,5 m². Somba Opu, Palangga, dan Bontolempang juga mengalami genangan terdalam masing-masing sebesar 226.147 m², 114.695,51 m², dan 169.591,4 m². Kondisi ini mengindikasikan bahwa kapasitas sungai dan sistem drainase eksisting belum mampu meredam limpasan puncak secara optimal. Dengan demikian, hasil analisis ini menjadi dasar penting bagi perumusan strategi mitigasi banjir, termasuk peningkatan kapasitas sungai, pembangunan kolam retensi, dan penataan ruang berbasis risiko di DAS Jeneberang.

4 | KESIMPULAN

Debit aliran dan kapasitas tampung sungai menunjukkan bahwa beberapa segmen sungai tidak mampu menampung debit puncak pada periode ulang tertentu. Berdasarkan perhitungan metode HSS Nakayasu, debit puncak yang menjadi input pemodelan adalah $Q_2 = 384,715 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q_5 = 523,753 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q_{10} = 621,494 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q_{25} = 751,355 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q_{50} = 852,604 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q_{100} = 957,603 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Debit-debit tersebut melampaui kapasitas beberapa penampang sungai sehingga menyebabkan luapan ketika simulasi dijalankan.

Simulasi aliran berbasis data historis menunjukkan respons sungai yang cepat terhadap peningkatan inflow. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa ketika debit mendekati 700–1000 m^3/dtk , elevasi muka air meningkat signifikan, terutama pada segmen dengan penampang sempit dan bantaran rendah. Hal ini menjelaskan terjadinya genangan pada banjir-banjir sebelumnya yang tercatat di Kecamatan Pallangga.

Analisis genangan pada berbagai periode ulang menunjukkan peningkatan luas dan kedalaman genangan seiring naiknya debit. Pada debit kecil (Q_2), genangan masih terbatas pada area dekat bantaran. Pada Q_{10} (621,494 m^3/dtk) dan Q_{25} (751,355 m^3/dtk), genangan meluas ke permukiman rendah. Pada Q_{50} – Q_{100} (852,604–957,603 m^3/dtk) genangan lebih dari 1,5 meter terjadi di beberapa kecamatan Bontolempang, Bungaya, Manuju, Bontomarannu dan Pallangga. Temuan ini menegaskan bahwa wilayah hilir Sungai Jeneberang sangat rentan terhadap banjir ketika debit meningkat pada periode ulang hujan menengah hingga tinggi.

Daftar Pustaka

- Alamsyah, R. B. (1999). Kebijakan, Strategi, dan Program Pengendalian Pencemaran dalam Pengelolaan Pesisir dan Laut. *Prosiding Seminar Sehari Teknologi Dan Pengelolaan Kualitas Lingkungan Pesisir Dan Laut, Bandung: Jurusan Teknologi Lingkungan ITB*.
- Antara News. (2025). *BBWS Jeneberang buka pintu pelimpahan air Bendungan Bili-bili Gowa*.
- Arifin, F., Muhibuddin, A., & Saleh, H. (2023). Mitigasi Kawasan Rawan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Urban and Regional Studies Journal*, 6(1), 71–82. <https://doi.org/10.35965/ursj.v6i1.3813>
- Ariyani, D. (2015). Hidrologi. *Jakarta. Universitas Pancasila*.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.
- BMKG. (2022). *Data Iklim dan Curah Hujan Makassar dan Sekitarnya*. Badan Meteorologi Dan Geofisika (BMKG).
- BNPB. (2020). Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2020-2024. *Badan Penanggulangan Bencana*, 1, 115.
- Fatoni, M., Muryani, C., & Nugraha, S. (2018). Studi Agihan Salinitas Airtanah Dangkal Di Kecamatan Puring Kabupaten Kebumen Tahun 2016. *GeoEco*, 4(1), 39–43. <https://doi.org/10.20961/ge.v4i1.19182>
- Hamdan, A. N. A., Almutkar, S., & Scholz, M. (2021). Rainfall-runoff modeling using the HEC-HMS model for the Al-Adhaim River catchment, northern Iraq. *Hydrology*, 8(2), 58.
- IDEP. (2007a). *Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat*.
- IDEP. (2007b). *Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat. Bali: Yayasan IDEP*.
- Indarto, I. (2012). Prosedur kalibrasi dan validasi model SMAR untuk mendeskripsikan proses hujan aliran di Sub-DAS Rawatamtu. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(3), 265–276.
- Islami, F. (2021). *Pemodelan Hidrologi Menggunakan HEC-HMS*.
- Istiarto. (2011). Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1 Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. *Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*, 23–27.
- KemenPUPR RI. (2015). *Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jeneberang Tahun 2015*.
- Kusuma, M. S. B., Rahayu, H. P., Farid, M., Adityawan, M. B., Setiawati, T., & Silasari, R. (2010). Studi Pengembangan peta indeks resiko banjir pada kelurahan Bukit Duri Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 17(2), 123–134.
- Kusumawardani, R., & Prakasa, F. (2017). Analisa distribusi curah hujan di Area Merapi menggunakan metode Aritmatika dan Poligon. *J. Tek. SipilPerenc.*, 19(1), 39–48.
- Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis bencana untuk pengelolaan daerah aliran sungai (das): studi kasus kawasan hulu das Comal*. Ugm Press.
- Ouédraogo, W. A. A., Raude, J. M., & Gathenya, J. M. (2018). Continuous modeling of the Mkurumudzi River catchment in Kenya using the HEC-HMS conceptual model: Calibration, validation, model performance evaluation and sensitivity analysis. *Hydrology*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/hydrology5030044>
- Patang, F. (2019). *Makroinvertebrata Bentos sebagai Bioindikator Perubahan Kualitas Air pada Beberapa Sungai di Kalimantan Timur*. Universitas Airlangga.
- Pemerintah Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. (2019). *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup*

Daerah Kabupaten Gowa Tahun 2019 Pemerintah.

- Ramadianto, A., & Gunawan, T. (2014). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Kualitas Air Di Waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Bumi Indonesia*, 3(3), 1–10.
- Siregar, F. P. (2017). *Analisis Pengendalian Debit Banjir Sungai Padang di Kota Tebing Tinggi*. Universitas Medan Area.
- Sisda BBWS Pompengan Jeneberang. (2025). *Kondisi Bendungan Bili-Bili Kab. Gowa*.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). Hidrologi untuk pengairan, PT. *Pradnya Paramita, Jakarta*.
- Sri Harto. (1993). *Hidrologi praktis*. Gramedia Pustaka Utama.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Edisi Pertama – Andy Yogyakarta*. Andi Offset.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. *Yogyakarta, Indonesia: ANDI Offset*, 7.
- Wicaksono, M. A., Wahono, E. P., Wijaya, R. C., & Kusumastuti, D. I. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Program Hec-Hms di Subdas Bendung Argoguroh–Bendungn Margatiga. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 10(2), 483324.
- Wilson, E. M. (1993). Hidrologi Teknik. In *ITB Bandung*. Usaha Nasional.
- Yani, A., & Rahmat, M. (2007). *Geografi: Menyingkap Fenomena Geosfer*. PT Grafindo Media Pratama.
- Yudistira, D., & Hutauruk, R. C. H. (2021). Peluang bencana banjir pada saat hujan lebat dan sangat lebat di kawasan Pantura Provinsi Jawa Barat. *Buletin GAW Bariri (BGB)*, 2(1), 16–23.
- Yulianto, S., Apriyadi, R. K., Aprilyanto, A., Winugroho, T., Ponangsera, I. S., & Wilopo, W. (2021). Histori Bencana dan Penanggulangannya di Indonesia Ditinjau Dari Perspektif Keamanan Nasional. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(2), 180–187. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.2.180-187>
- Zahara, L. S. (2014). *Estimasi Sebaran Daerah Rawan Banjir Menggunakan Model HEC-RAS dan Kerugian Masyarakat di Wilayah Sub-Das Citarik*.