

ANALISIS KAWASAN BANJIR PADA SUNGAI MENGUNAKAN HYDRAULIC MODEL HEC-RAS 2D (ANALYSIS FLOODPLAIN AREA IN RIVER USING HYDRAULIC MODEL HEC RAS 2D)

Budi Santosa¹, Yohanes Yuli Mulyanto² Naufal Aly Ramadhan³, Ananta Christuaji W.M⁴,

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katholik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang
e-mail: budi@unika.ac.id

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katholik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang
e-mail: yuli@unika.ac.id,

³Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katholik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang
e-mail: 18b10091@unika.ac.id

⁴Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katholik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang
e-mail: 18b10096@unika.ac.id

ABSTRAK

Curah hujan yang tinggi mengakibatkan banjir pada Sungai Karema khususnya pada Hm 106 – Hm 129. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kawasan banjir yang terjadi pada Sungai Karema di Hm 106 – Hm 129 menggunakan Hydraulic Model HEC-RAS. Berdasarkan hasil kalibrasi model pada 22 maret 2018 menghasilkan debit banjir lapangan (QLap) sebesar 469,070 m³/detik dan untuk debit hasil Hidrograf Snyder (QSnyder) menghasilkan debit banjir sebesar 469,12 m³/detik sehingga menghasilkan nilai error sebesar 0,010%. Hasil Analisis debit banjir tiap periode ulang Q₂ = 358,60 m³/detik, Q₅ = 411,04 m³/detik, Q₁₀ = 439,74 m³/detik, Q₂₅ = 480,80 m³/detik, Q₅₀ = 511,52 m³/detik, Q₁₀₀ = 542,44 m³/detik. Setelah dihitung menggunakan Hydraulic Model HEC-RAS, luas kawasan banjir yang terjadi pada tanggal 22 Maret 2018 yaitu seluas 668,82 m², dan untuk luas kawasan banjir tiap periode ulang 2 tahun seluas 511,26 m², 5 tahun seluas 586,02 m², 10 tahun seluas 626,94 m², 25 tahun seluas 685,48 m², 50 tahun seluas 729,27 m², dan 100 tahun seluas 773,36 m². Rekomendasi penanganan dapat dilakukan dengan cara melakukan peninggian tanggul sungai pada Hm 94 – Hm 137 setinggi 1 meter yang dapat menjadi salah satu upaya agar tidak terjadi luapan banjir di sekitar Hm 106 – Hm 129.

Kata kunci: Kawasan Banjir, Hidrograph Satuan Sintetik Snyder, HEC-RAS

PENDAHULUAN.

Banjir adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (Pahleviannur, 2019). Dalam Laporan Berita Acara BWS Sulawesi III, Kamis tanggal 22 Maret 2018 Sungai Karema meluap dengan area luapan sekitar 3.000 m². Masyarakat yang terdampak sebanyak 3.267 jiwa, 1.089 unit rumah terendam, pom pengisian bahan bakar Pertamina tenggelam, gudang penyimpanan beras bulog terendam enam desa di Kecamatan Mamuju dan Simboro. Banjir terjadi berulang setiap tahun, terakhir terjadi pada bulan Juni dan Oktober 2022.

DELINEASI DAS

Menurut Fuady dan Azizah (2008), daerah aliran sungai merupakan cakupan suatu daerah yang terdapat sungai utama yang biasanya berfungsi sebagai sistem hidrologi dan sebagai satu ekosistem alami, jika dilihat dari batasnya daerah aliran sungai pada umumnya terletak pada pegunungan atau tebing yang dapat memisahkan sistem aliran yang satu dengan lainnya, daerah aliran sungai terdiri dari dua bagian utama yaitu daerah tadah atau hulu dan daerah penyaluran air yang berada di bawah daerah tadah yaitu biasa disebut hilir.

Delineasi DAS memiliki dua metode yang dapat digunakan, yaitu delineasi DAS secara manual dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan dan delineasi DAS menggunakan perangkat lunak dengan bantuan software ArcGIS memakai data DEM.

ANALISIS FREKUENSI

Menurut Kamiana (2010), untuk melakukan analisis frekuensi data hujan dapat menggunakan beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III. Menurut (Urias, 2007) periode ulang adalah rata-rata periode waktu kembalinya suatu peristiwa atau kejadian yang memiliki nilai yang sama atau lebih besar.

UJI SEBARAN

Setiap distribusi mempunyai ciri yang khas sehingga data curah hujan harus diuji kecocokannya dengan metode Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Uji kecocokan distribusi merupakan pengujian untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari contoh data yang diolah. Menurut Soewarno (1995), uji sebaran Chi Kuadrat diawali dengan mengurutkan data dari terbesar ke terkecil dan kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots (2.1)$$

$$d_k = K - (p + 1) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$P = \frac{1}{K} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

$$t = \frac{1}{p} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Delta X_t = X_r + (K_T \times S_d) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\log \Delta X_t = \log X_r + (K_T \times \log S_d) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$E_f = \frac{n}{K} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$X^2 = \sum \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Syarat} = X^2 < X^2_{cr} \dots\dots\dots (2.9)$$

Menurut Kamiana (2011), perhitungan uji sebaran Smirnov – Kolmogorov diawali dengan mengurutkan data dari terbesar ke terkecil yang kemudian dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut ini:

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \dots\dots\dots (2.10)$$

Untuk distribusi Gumbel

$$P'(X_i) = \frac{1}{S_d} \exp\left(-\left(\frac{X_i - X_r}{S_d}\right)^Y\right) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Y = \frac{1283}{X} \times (X_r - 0,455 S_d) \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk distribusi Normal

$$P'(X_i) = \frac{1}{S_d \times \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{X_i - X_r}{S_d}\right)^2\right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Untuk distribusi Log Normal

$$P'(X_i) = \frac{1}{\log S_d \times \log X_i \times \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\log X_i - \log X_r)^2}{2 \times \log S_d^2}\right) \dots\dots\dots$$

Untuk distribusi Log Pearson III

$$P'(X_i) = \frac{1}{a} \times \left| \frac{X_i - c}{a} \right|^{-a-1} \times \exp\left(-\left(\frac{X_i - c}{a}\right)^{-a}\right) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$a = \frac{c_s \times S_d}{2} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$b = \left(\frac{1}{c_s} \times 2\right)^{\frac{1}{a}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$c = \left| X_r \times \frac{2 \times S}{c_s} \right| \dots\dots\dots (2.17)$$

$$P_{Maks} = |P(X_i) - P'(X_i)| \dots\dots\dots (2.18)$$

Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Menurut Kamiana (2011), intensitas hujan adalah ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu, biasanya dalam satuan (mm/jam) atau (cm/jam). Menurut Kamiana (2011), berdasarkan hasil pengamatan data sebaran hujan di Indonesia, hujan terpusat tidak lebih dari 7 jam. Menurut Soemarto (1986), perhitungan intensitas hujan dapat menggunakan Metode *Modified Mononobe* yang dapat dilihat di bawah ini:

$$I_t = \left(\frac{R_{24}}{t_c}\right) \left(\frac{t_c^2}{t}\right)^3 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$P_t = \frac{I_t}{\sum I_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2.20)$$

$$R_n = P_t \times R_{24} \dots\dots\dots (2.21)$$

HSS Snyder

HSS Snyder menggunakan debit puncak, waktu dasar, dan durasi hujan untuk unsur-unsur hidrograf, sedangkan untuk karakteristik DAS menggunakan luas DAS (A), panjang aliran yang ditinjau (L_{Segmen}), dan jarak titik berat DAS dengan outlet saluran (L_c). Karakteristik DAS yang digunakan.

Menurut Kamiana, (2011), HSS Snyder dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_p = \frac{0,275 \times C_p \times A}{T_p} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$t_e = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$t_e > T_r, \text{ maka } T_p = t_p + 0,25 \times (T_r - t_e) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$t_e < T_r, \text{ maka } T_p = t_p + 0,50 T_r \dots\dots\dots (2.25)$$

$$t_p = C_t \times (L_{\text{Segmen}} \times L_c)^n \dots\dots\dots (2.26)$$

Menurut Soemarto (1995), untuk mempercepat dan mempermudah pekerjaan maka diberika rumus Alexejev yang memberikan bentuk hidrograf satuannya. Rumus Alexejev dapat dilihat berikut ini:

$$Q_t = Q_p \times 10^{-a \left(\frac{1-x}{x}\right)^2} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\lambda = \frac{(Q_p \times T_p)}{(h \times A)} \dots\dots\dots (2.28)$$

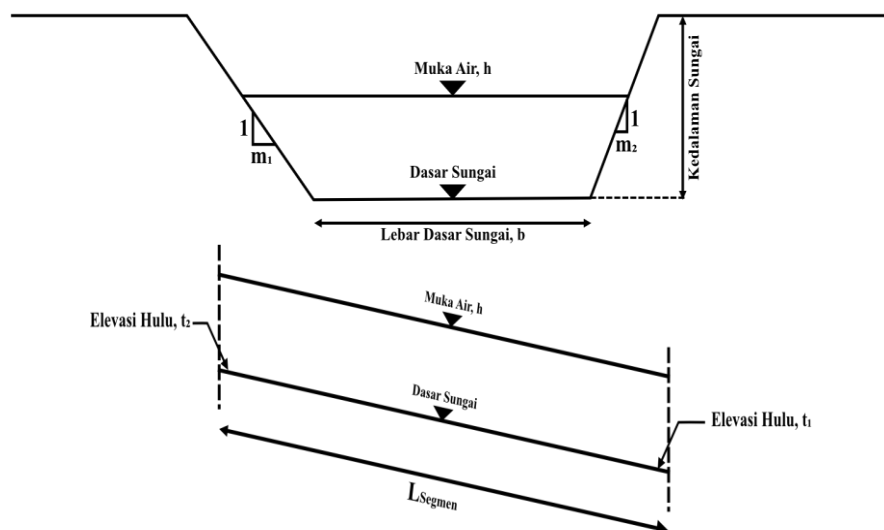
$$a = (1,32 \times \lambda) + (0,15 \times \lambda) + 0,045 \dots\dots\dots (2.29)$$

$$x = \frac{T}{T_p} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Q_{\text{Snyder}} = Q_t \times \sum R_n \dots\dots\dots (2.31)$$

Analisis Debit Lapangan

Untuk analisis debit lapangan diperlukan beberapa parameter, yaitu ketinggian muka air, potongan melintang sungai, panjang total sungai, perbedaan elevasi dasar sungai pada hulu dan hilir. Potongan melintang sungai pada Gambar 1



Gambar 1 Bagian-Bagian Pada Sungai

Menurut Kamiana (2011), perhitungan debit lapangan dapat dihitung dengan langkah-langkah dibawah ini:

$$T = b + h (m_1 + m_2) \dots\dots\dots (2.32)$$

$$A = \frac{h}{2} (b + T) \dots\dots\dots$$

$$(2.33) \quad S = \frac{(t_2 - t_1)^2}{L_{\text{Segmen}}} \dots\dots\dots$$

$$(2.34) \quad P = b + h (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}) \dots\dots\dots (2.36)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots$$

$$(2.35) \quad V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Q_{\text{Lap}} = A \times V \dots\dots\dots (2.37)$$

Pada analisis debit lapangan diperlukan untuk menentukan koefisien kekasaran Manning. Koefisien kekasaran Manning dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Keterangan	Nilai Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 – 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

Kalibrasi Debit

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1997), proses kalibrasi adalah proses untuk membandingkan data yang sudah dianalisis dengan data sejenis sehingga hasil dari kalibrasi data dapat teruji. Kebenarannya. Untuk melakukan kalibrasi debit, jika hasil kalibrasi terlampau jauh maka harus dilakukan penyesuaian koefisien C_t dan C_p pada tahap perhitungan HSS. Menurut Sinaga (2014), semakin kecil tingkat kesalahan, maka tingkat keakuratan data yang diuji semakin bagus. dengan maksimal perbedaan 1%, karena dengan tingkat kesalahan semakin kecil maka akan semakin bagus. Menurut Epperson (2013), kalibrasi debit dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.70) yang dapat dilihat dibawah ini:

$$(2.38) \quad \text{Error (\%)} = \frac{| \text{Debit Lapangan} - \text{Debit Snyder} |}{\text{Debit Lapangan}} \times 100 \dots\dots\dots$$

HEC-RAS 2D

HEC-RAS digunakan untuk membuat pemodelan aliran unsteady atau steady dengan model geometri 2D. HEC-RAS 2D memungkinkan pengguna untuk mengembangkan model hidrolis yang mencakup aliran dua dimensi yang berarti simulasi memperhitungkan perubahan ketinggian secara horizontal dan vertikal sepanjang sungai maupun dataran yang di kaji (USACE,2024). Berdasarkan USACE (2024), software HEC-RAS menggunakan dasar persamaan Saint Venant dan menggunakan dasar komputasi Microsoft Visual C++.

METODE PENELITIAN

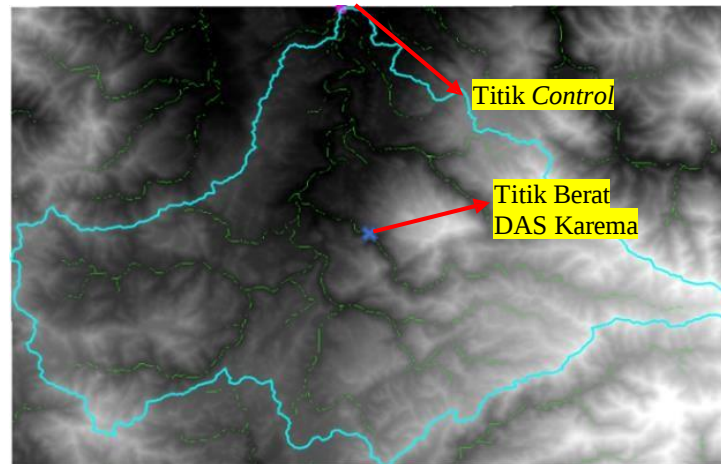
Berdasarkan data yang diperoleh serta kajian putstaka yang menjadi dasar penelitian, Data dari stasiun hujan yang diperoleh selanjutnya akan dilakukan uji distribusi probabilitas, kemudian salah satu distibusi dipilih yang memenuhi syarat distribusi untuk digunakan dalam perhitungan uji sebaran chi-square dan smirnov-kolmogrov. Setelah data teruji, selanjutnya meghitung pola distribusi hujan menggunakan metobe mononobe. berdasarkan hasil pengamatan data sebaran hujan di Indonesia, hujan terpusat tidak lebih dari 7 jam. Selanjutnya dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan parameter kondisi DAS dengan cara membandiknan hasil debit snyder dari hidrograf satuan sintetis Snyder dengan debit lapangan pada hari dan tahun yang sama dengan kejadian banjir. Jika hasil qsnyder terlampau jauh maka dilakukan peyenesuaiaan pada parepemer bebas koefisien waktu (ct) dan koefisien puncak (cp) hingga hasil debit qsnyder memiliki selisih maksimal 1% dari debit lapangan. Setelah debit qsnyder terkalibrasi ditemukan maka selanjutnnya akan digunakan untuk membuat pemodelan *hydraulic model* menggunakan HEC-RAS 2D untuk mengetahui besarnya luasan kawasan banjir, selanjutnya melakukan melakukan modifikasi dinding sungai pada HEC-RAS hingga luapan tidak terjadi pada area sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini

Delineasi DAS

Delineasi DAS menggunakan program Arc-GIS dengan data DEM sehingga menghasilkan area tangkapan air seluas 76km² yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Delineasi DAS

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi menggunakan perhitungan distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson. Dari hasil pengujian maka log pierson III dipilih karena. memenuhi syarat, kemudian menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang yang dapat dilihat pada tabel 2.

Table 2 Analisis Curah Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III

Periode Ulang, T (tahun)	log X_r (mm)	K_T	C_s	S_d (mm)	log X_T (mm)	X_T (mm)
2	1,957	-0,116	0,65	0,061	1,949	89,055
5	1,957	0,79	0,65	0,061	2,005	101,169
10	1,957	1,333	0,65	0,061	2,038	109,205
25	1,957	1,967	0,65	0,061	2,077	119,399
50	1,957	2,407	0,65	0,061	2,104	127,029
100	1,957	2,824	0,65	0,061	2,129	134,708

Table 3 Perbandingan Syarat Distribusi Distribusi

Distribusi	Syarat Distribusi	Hasil Perhitungan		Keterangan	
		C_s	C_k	C_s	C_k
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	0,791	-0,641	Tidak OK	Tidak OK
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,791	-0,641	Tidak OK	Tidak OK
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	0,094	63,016	Tidak OK	Tidak OK
Log Pearson III	$C_s \neq 0$	0,650	-1,053	OK	OK

Uji sebaran

menggunakan 2 metode. Metode yang digunakan yaitu uji sebaran Chi Kuadrat (Chi Square) dan metode uji Smirnov – Kolmogorov. Uji sebaran Chi Kuadrat (Chi Square) dilakukan dengan beberapa tahapan agar dapat menghasilkan nilai Chi Kuadrat yang lebih kecil dari nilai Chi Kritis. Hasil dari uji sebaran chi kuadrat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Chi Kuadrat (X²)

Kelas	P	Nilai Batas Tiap Kelas	E _f	O _f	$(E_f - O_f)^2 / E_f$
5	0,200	> 101,88	2	2	0
	0,400	93,76 – 101,88	2	2	0
	0,600	87,39 – 93,76	2	1	0,5
	0,800	80,42 – 87,39	2	2	0
	0,999	< 80,42	2	3	0,5
Jumlah			10	10	1
Syarat X²_{cr}			5,991		

Perhitungan selanjutnya yaitu uji sebaran menggunakan Smirnov-Kolmogorov. Sebelum melakukan perhitungan, harus menentukan nilai dari delta kritis (Δ_{cr}), dengan cara menentukan jumlah data (n) dan derajat kepastian (α) yang kemudian didapatkan nilai dari delta kritis (Δ_{cr}).

Tabel 5 Rekap Nilai Δ_{cr} Smirnov-Kolmogorov

Jenis Distribusi	P _{maks}	cr
Normal	0,189	< 0,41
Log Normal	0,186	
Gumbel	0,170	
Log Pearson III	0,165	

Berdasarkan Tabel 5, nilai ΔP maks dari semua metode diterima, maka diambil nilai yang terjauh dari syarat Δ_{cr} yaitu distribusi Log Pearson III dengan nilai ΔP_{maks} sebesar 0,165

Kalibrasi Parameter Model

Pada tahap ini penyesuaian koefisien waktu (ct) dan koefisien puncak (cp) yaitu ct 1,00 dan cp 1,00 sehingga didapatkan error debit lapangan dengan debit qsnyder 22 maret kurang dari 1% yaitu 0.23%

Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Dalam menentukan pola distribusi hujan jam-an, terlebih dulu dilakukan perhitungan intensitas hujan tiap periode ulang yang telah lolos uji frekuensi dan sebaran, perhitungan intensitas hujan 6 jam yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Nilai Intensitas hujan Tiap Periode Ulang

t (Jam)	Periode Ulang, T (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Intensitas hujan, I (mm/jam)					
1	49,01	55,68	60,10	65,71	69,91	74,13
2	30,87	35,07	37,86	41,39	44,04	46,70
3	23,56	26,77	28,89	31,59	33,61	35,64
4	19,45	22,09	23,85	26,08	27,74	29,42
5	16,76	19,04	20,55	22,47	23,91	25,35
6	14,84	16,86	18,20	19,90	21,17	22,45
Σ	154,5	175,5	189,4	207,1	220,3	233,7

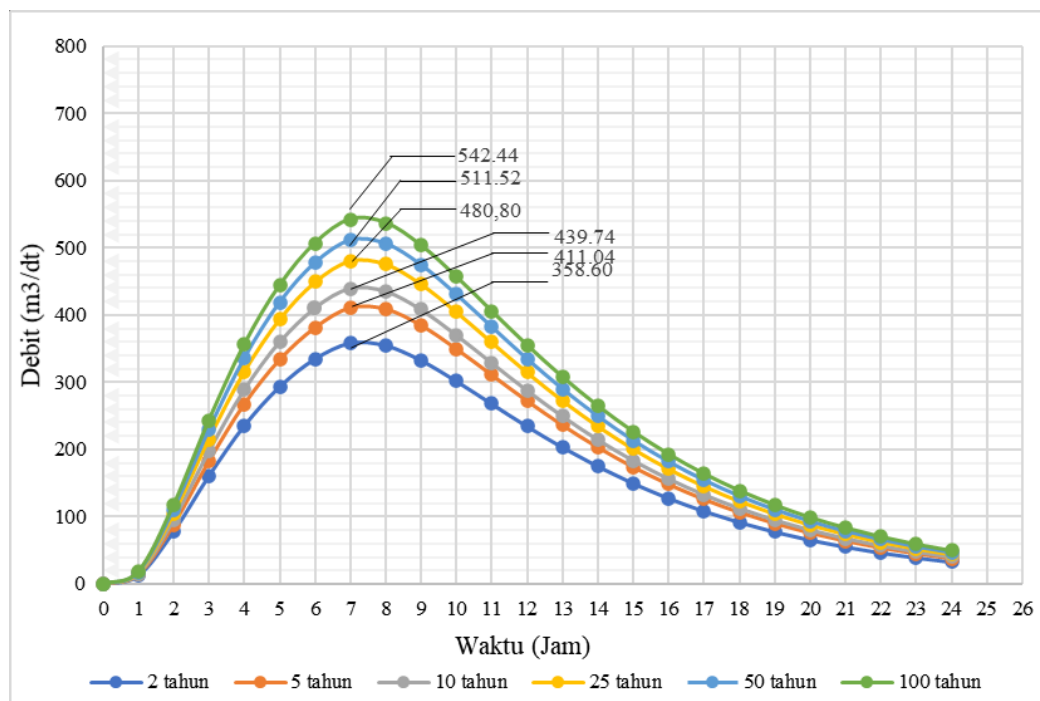
Setelah intensitas hujan dihitung, maka hasil dari intensitas hujan akan digunakan dalam perhitungan pola distribusi hujan yang dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 Nilai Distribusi Hujan Jam-Jaman Tiap Periode Ulang

t (Jam)	Periode Ulang, T (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Distribusi Hujan Jam-Jaman (mm)					
1	28,25	32,09	34,64	37,88	40,30	42,73
2	17,79	20,22	21,82	23,86	25,38	26,92
3	13,58	15,43	16,65	18,21	19,37	20,54
4	11,21	12,74	13,75	15,03	15,99	16,96
5	9,66	10,98	11,85	12,95	13,78	14,61
6	8,55	9,72	10,49	11,47	12,20	12,94
Σ	89,05	101,17	109,20	119,40	127,03	134,71

HSS Snyder

untuk analisis hidrograf satuan sintetik menggunakan Snyder membutuhkan data pola distribusi hujan setiap kala ulang. Hasil dari analisis hidrograf satuan sintesis Snyder disajikan pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hidrograf Snyder Periode Ulang

Berdasarkan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit puncak pada periode ulang 2 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit puncak 358,60 m³/detik.
2. Debit puncak pada periode ulang 5 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit sebesar 411,04 m³/detik.
3. Debit puncak pada periode ulang 10 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit sebesar 439,74 m³/detik.
4. Debit puncak pada periode ulang 25 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit sebesar 480,80 m³/detik.
5. Debit puncak pada periode ulang 50 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit sebesar 511,52 m³/detik.
6. Debit puncak pada periode ulang 100 tahun terjadi pada jam ke-7 dengan nilai debit sebesar 542,44 m³/detik.

Analisis Hidrolika

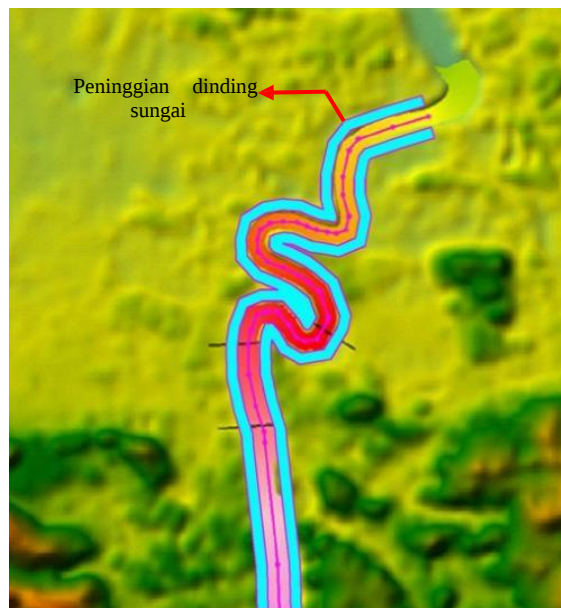
Setelah melakukan analisis debit rancangan dan mengetahui hasil debit setelah dikalibrasi, maka dapat melakukan pemodelan HEC-RAS 2D. Hasil dari simulasi model HEC-RAS 2D mendapatkan luas kawasan banjir seluas 773.363 m² yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 Luas Kawasan Banjir

Rekomendasi penanganan

Setelah mengetahui luasan kawasan banjir, selanjutnya adalah merekomendasikan penanganan dengan memodifikasi penampang sungai setinggi 1 m pada Hm 94 hingga Hm 137, kemudian dilakukan simulasi ulang menggunakan HEC-RAS 2D dengan hasil tidak terjadi luapan yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Tampilan Sungai Setelah Peninggian dinding sungai

KESIMPULAN

Dari analisis dan penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan analisis kawasan banjir di Sungai Karema menggunakan Hydraulic Model HEC-RAS, yaitu:

1. Perhitungan debit banjir menggunakan Hidrograf Snyder pada tanggal 22 Maret 2018 menghasilkan debit sebesar 469,12 m³/detik, dan untuk debit banjir tiap periode ulang yaitu:
 - a. 2 tahun (Q_2) = 358,60 m³/detik
 - b. 5 tahun (Q_5) = 411,04 m³/detik
 - c. 10 tahun (Q_{10}) = 439,74 m³/detik
 - d. 25 tahun (Q_{25}) = 480,80 m³/detik

- e. 50 tahun (Q_{50}) = 511,52 m³/detik
 - f. 100 tahun (Q_{100}) = 542,44 m³/detik.
2. Dari simulasi HEC-RAS 2D dengan menggunakan data debit banjir tanggal 22 Maret 2018 menghasilkan luas kawasan banjir sebesar 668.820 m², dan untuk luas kawasan banjir dengan menggunakan data debit tiap periode ulang yaitu:
 - a. 2 tahun = 511.260 m²
 - b. 5 tahun = 586.020 m²
 - c. 10 tahun = 626.940 m²
 - d. 25 tahun = 685.480 m²
 - e. 50 tahun = 729.270 m²
 - f. 100 tahun = 773.360 m².
 3. Rekomendasi penganggulangan banjir Sungai Karema dapat dilakukan dengan cara peninggian tanggul sungai setinggi 1 meter sebagai batas aman pada Hm 94 – Hm 137 agar tidak terjadi banjir pada Hm 106 – Hm 137.

SARAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, menghasilkan saran yang berkaitan dengan analisis kawasan banjir di Sungai Karema menggunakan Hydraulic Model HEC-RAS, yaitu:

1. Perlu adanya stasiun hujan di sekitar Kabupaten Mamuju sehingga akan meningkatkan kelengkapan data dan keakuratan analisis curah hujan.
2. Sebaiknya menggunakan kerapatan data DEM diatas 32bit agar analisis genangan dan limpasan semakin akurat dan dapat mempermudah pengolahan geometri sungai.
3. Kesadaran masyarakat diperlukan untuk tidak membangun bangunan di area sempadan sungai yang akan membuat perubahan bentuk profil sungai .

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, W. (2010): Pola distribusi hujan jam-jaman di sub das keduang, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, 12-14.
- Arsyad, S. (2006): Konservasi tanah dan air, IPB Press, 25-35.
- Chow, V. T. (1959): Open channel hydraulics, McGraw-Hill Book Company, 109-113.
- Fadjarajani, S., Singkawijaya, E. B., dan Indriane, T. (2018): Peran serta masyarakat dalam menjaga kelestarian sungai cimulu di kota tasikmalaya, Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS, ISBN: 978-602-361-137-9, 1 (1), 248-249.
- Fuady, Z., dan Azizah, C. (2008): Tinjauan daerah aliran sungai sebagai sistem ekologi dan manajemen daerah aliran sungai, Jurnal Lentera, ISSN: 1829-9598, 1 (6), 1-3.
- Ginting, S. dan Putuhena, W. M. (2016): Hujan rancangan berdasarkan analisis frekuensi regional dengan metode tl-moment, Jurnal Sumber Daya Air, ISSN: 2548-494, 12 (1), 1-4.
- Harto, S. (1993): Analisis hidrologi, PT Gramedia Pustaka Utama, 25-29.
- Hermon, D. (2012): Mitigasi bencana hidrometeorologi banjir, longsor, ekologi, degradasi lahan, puting beliung, kekeringan, UNP Press, 36-37.
- Istiarto. (2014): Modul pelatihan simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, Universitas Gadjah Mada.
- Kamiana, I. M. (2011): Teknik perhitungan debit rencana bangunan air, Graha Ilmu, 14-51.
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief, R. (2010): Tata ruang air, Andi, 151-153.
- Lesawengen, V. F., Jansen, F., dan Manoppo, F. J. (2019): Minimalisasi kesalahan survey topografi dalam pemetaan digital dengan koordinat global menggunakan autocad land desktop dan geographic information system, Jurnal Sipil Statik, ISSN: 2337-6732, 7 (1), 133-135.
- Limantara, L. M. (2010): Hidrologi praktis, Lubuk Agung, 53-70.
- Linsley, R. K., Franzini, J. B., dan Sasongko, D. (1991): Teknik sumber daya air, Erlangga, 5-7.
- Marimin, N. A., Razi, M. A. M., Ahmad, M. A., Adnan, M. S., dan Rahmat S. N. (2018): Hec-ras hydraulic model for floodplain area in sembrong river, International Journal of Integrated Engineering, e-ISSN: 2600-7916, 10 (2), 151-152.
- Niagara, R., Purwanto, Y., dan Suharnoto, Y. (2016): Analisis debit air dan air tanah dangkal daerah aliran sungai (das) prumpung, kabupaten tuban, Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, e-ISSN: 2460-5824, 6 (1), 20-23.
- Nurhadi, Dyah, R. S. S., dan Nurul, K. (2013): Analisis kerentanan banjir di daerah aliran sungai (das) code kota yogyakarta, Laporan Penelitian Prgoram Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Yogyakarta, 8-9.

- Pahleviannur, M. R. (2019): Edukasi sadar bencana melalui sosialisasi kebencanaan sebagai upaya peningkatan pengetahuan siswa terhadap mitigasi bencana, *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, e-ISSN: 2541-4569, 29 (1), 49-50.
- Pristianovita, A. (2017): Perbandingan analisis hujan rancangan dengan metode partial series dan annual series, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 3-4.
- Pangaribuan, J., Sabri, L. M., dan Amarrohman, F. J. (2019): Analisis daerah rawan bencana tanah longsor di kabupaten magelang menggunakan sistem informasi geografis dengan metode standar nasional indonesia dan analythical hierarchy procss, *Jurnal Geodesi Undip*, e-ISSN: 2809-9672, 8 (1), 290-292.
- Purbawijaya, N. B. I. (2017): Analisis debit banjir rencana dan penelusuran banjir pada perencanaan bangunan pelimpah waduk jehem di kabupaten bangle, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana, 3-19.
- Putra, M. B. S., Trilita, M. N., dan Wahjudijanto, I. (2017): Analisis debit banjir rencana pada daerah aliran sungai banyumileng, *Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur*, ISBN: 978-602-61803-8-4, 145-146.
- Rahmat, D. P., Antoni, D., dan Suroyo, H. (2021): Sistem informasi geografis pemetaan area menggunakan arcgis (studi kasus lokasi organisasi masyarakat (ormas) keagamaan di kota palembang), *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, e-ISSN: 2746-1343, 2 (4), 257-258.
- Riyanto, B. A. (2019): Dasar teori aliran tetap 1-d hecras, *Jurusan Sipil Fakultas Teknik UNPAR*, 10-14.
- Sebayang, I. S. D. (2018): Analisis banjir dan tinggi muka air pada ruas sungai ciliwung sta 7+646 s/d sta 15+049, *Jurnal Forum Mekanika*, ISSN: 2356-1491, 7 (1), 43-44.
- Simons, D. B., dan Senturk, F. (1992): *Sediment transport technology: water and sediment dynamic*, Water Resources Publications, 271-277.
- Soemarto, C. D. (1999): *Hidrologi teknik edisi II*, Erlangga, 80-106.
- Soewarno. (1995): *Hidrologi aplikasi metode statistic untuk analisis data jilid 1*, NOVA, 12-14.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. (2003): *Hidrologi untuk pengairan*, PT Pradnya Paramita, 1-15.
- Suripin. (2004): *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*, Andi, 13-98.
- Tambunan, M. P. (2017): The pattern of spatial flood disaster region in DKI Jakarta, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 12014, 56 (1), 2-10.
- Tarigan, L. A. (2022): Analisis karakteristik bentuk aliran sungai tuntungan desa sei beras sekata, kecamatan tunggal, kabupaten deli serdang, sumatera utara, *Jurnal Samudra Geografi*, ISSN: 2716-2737, 5 (1), 84-86.
- Triatmodjo, B. (2010): *Hidrologi terapan*, Beta, 110-112, 147-149.
- Tondobala, L. (2011): Pemahaman tentang kawasan rawan bencana dan tinjauan terhadap kebijakan dan peraturan terkait, *Jurnal Sabua*, ISSN: 2085-7020, 3 (1), 59-60.
- Undang-Undang Republik Indonesia, (2007). *Penanggulangan bencana*. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007. Undang-Undang Republik Indonesia. Jakarta.
- Wulandari, S. dan Soebagio. (2020): Studi pengembangan metode poligon thiessen dengan pembobotan linier terhadap bidang eksak pada perhitungan curah hujan rerata daerah, *Jurnal Rekayasa dan manajemen Konstruksi*, ISSN: 2615-0824, 8 (1), 57-58.
- Arsyad, S. (2000): *Konservasi tanah dan air*, Penerbit IPB (IPB Press), Bandung.