

PEMODELAN HIDROGRAF BANJIR DAS REMU MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS

Muh. Akhsan Samaila¹, Agus Fernando Torsulu², Imam Trianggoro Saputro³

^{1,2,3}Politeknik Saint Paul Sorong
Email: akhsan.samaila@gmail.com

Abstrak

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Seiring dengan perubahan karakteristik sungai, maka terjadi penurunan fungsi DAS. Oleh karena itu, simulasi perhitungan aliran perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik DAS. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) mengetahui hasil pemodelan hidrograf banjir DAS Remu dengan model HEC-HMS, 2) untuk mengetahui karakteristik aliran DAS Remu berupa debit puncak (Q_p), volume *outflow* dan waktu puncak (t_p), 3) mengetahui hasil perbandingan perhitungan debit secara teoritis dengan hasil pemodelan HEC-HMS. Pada penelitian ini digunakan model HEC-HMS dengan metode *SCS-UH* pada *direct runoff* dan *SCS-CN* pada *volume runoff*. Hasil penelitian ini menunjukkan model hidrograf banjir pada pemodelan HEC-HMS menunjukkan pergerakan aliran yang tidak konstan. Dalam pemodelan hidrograf banjir model HEC-HMS didapatkan karakteristik DAS Remu sebagai berikut : nilai debit puncak berturut-turut pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 632,3 m³/s, 801 m³/s, 905 m³/s, 1029,7 m³/s, 1118,5 m³/s dan 1204,6 m³/s, nilai volume *outflow* berturut-turut pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 4790,8 m³, 6102,5 m³, 6912,3 m³, 7883,6 m³, 8576,5 m³ dan 9247,6 m³, waktu puncak pada masing-masing periode ulang adalah sama yaitu pada pukul 12.00 serta nilai perbandingan perhitungan secara teoritis hidrograf banjir DAS Remu dengan model HEC-HMS memiliki rata-rata perbedaan yaitu, pada metode Rasional 2,86 %, metode HSS Nakayasu 5,09 % dan metode HSS SCS 1,68 %.

Kata kunci : hidrograf banjir, debit banjir, waktu puncak, HEC-HMS

1. PENDAHULUAN

Sungai adalah aliran air di permukaan yang besar dan berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara) yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Seiring dengan perubahan karakteristik sungai yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi aliran, proses angkutan sedimen, lingkungan serta aktivitas manusia di sekitarnya membuat fungsi DAS tidak optimal dalam menampung bahkan mengalirkan air sebagaimana mestinya.

Perubahan tata guna lahan mempengaruhi naik atau turunnya kondisi suatu daerah aliran sungai (DAS). Perubahan tata guna lahan menyebabkan debit puncak pada DAS naik 5-3 kali karena di DAS tidak ada yang menahan aliran air sehingga limpasan permukaan menjadi besar, berakibat debit di sungai meningkat dan kapasitas sungai menurun (Kodoatie, 2010 dalam Sabrina 2021). Pengukuran debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumberdaya air di suatu wilayah DAS dengan cara membuat hidrograf banjir aliran. Seiring dengan perkembangan teknologi, pengembangan perangkat lunak (*software*) dikembangkan oleh USACE yaitu *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic*

Modelling System (HEC-HMS), digunakan untuk menirukan sistem DAS yang kompleks dengan membuat penyederhanaan dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*runoff*) dari suatu wilayah DAS. DAS Remu menjadi focus penelitian dalam pemodelan hidrograf banjir menggunakan *software* HEC-HMS. Hujam, morfometri DAS, penggunaan lahan dan kondisi tanah menjadi faktor penting penyebab turunnya fungsi DAS.

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut : 1) mengetahui hasil pemodelan hidrograf banjir DAS Remu dengan model HEC-HMS, 2) mengetahui karakteristik aliran DAS Remu berupa debit puncak (Q_p), volume *outflow* dan waktu puncak (t_p), 3) mengetahui hasil perbandingan perhitungan debit secara teoritis dengan hasil pemodelan HEC-HMS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sungai secara sederhana adalah air yang mengalir pada permukaan bumi yang terbentuk secara alami dan membentuk suatu pola aliran air. Lihawa (2017) menyatakan bahwa dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) ada rangkaian

proses pengumpulan, penyimpanan, penambatan dan penyaluran air yang semuanya itu menjadi suatu sistem hidrologis dan memiliki peran yang sangat penting dalam pengaturan tata air. Hujan terjadi diawali oleh suatu peristiwa penguapan dari seluruh permukaan bumi yang kembali jatuh dan tertampung sebagian pada sistem DAS.

2.1 Analisis Frekuensi Distribusi Curah Hujan

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu : Gumbel, Normal, Log Normal, Dan Log Pearson Type III (Kamiana, 2011).

1. Parameter Statistik

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data, dilakukan dengan menghitung parameter-parameter statistic berikut :

a. Nilai rata-rata dari X =

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots \dots \dots (1)$$

b. Standar deviasi (S) =

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots \dots \dots (2)$$

c. Koefisien varians (C_v) = $\frac{S_d}{\bar{X}}$ (3)

d. Koefisien kepeccengan (C_s) =

$$\frac{n \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \dots \dots \dots (4)$$

e. Koefisien Kurtosis (C_k) =

$$\left\{ \frac{n(n+1) \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \right\} - \left\{ \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \right\} \dots \dots (5)$$

Keterangan :

X_i = data curah hujan

n = jumlah data

2. Distribusi Normal

Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Normal mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

X_T = hujan rencana/debit periode ulang

\bar{X} = nilai rata-rata hujan (X_i)

S_d = standar deviasi

K_T = faktor frekuensi, dengan rumus sebagai berikut :

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S_d} \dots \dots \dots (7)$$

persamaan K_T pada distribusi normal didefinisikan sebagai persamaan z dengan rumus :

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

z = nilai baku

x = nilai yang diamati

μ = nilai rata-rata

σ = standar deviasi

nilai z yang sesuai dengan probabilitas terlampaui p (p=1/T) dihitung berdasarkan rumus variable w berikut :

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{0.5}, \text{ untuk } (0 < p \leq 0,5) \dots (9)$$

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{(1-p)^2} \right) \right]^{0.5}, \text{ untuk } (p > 0,5) \dots (10)$$

Keterangan :

p = probabilitas/peluang kejadian

nilai z dihitung dengan pendekatan berikut:

$$z = \frac{w - \frac{2,515517 + 0,802853w + 0,010328w^2}{1 + 1,432788w + 0,189269w^2 + 0,001308w^3}}{\dots} \dots (11)$$

Keterangan :

z = K_T = faktor frekuensi

3. Distribusi Lognormal

Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Log Normal dapat dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = 10^{y_T} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

y_T = curah hujan rata-rata (dalam log)

$$y_T = \bar{y} + K_T S_y \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

y_T = curah hujan rencana

log X_i = nilai rata-rata (dalam log)

S_y = standar deviasi (dalam log)

Dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistic dalam logaritma:

a. Nilai rata-rata (log \bar{x}) dengan rumus:

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \dots \dots \dots (14)$$

b. Standar deviasi (S_{log x}) :

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2} \dots (15)$$

c. Koefisien kepeccengan (C_s) :

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 \dots (16)$$

4. Distribusi Log Pearson Type II

Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Log Pearson Type III dengan persamaan 12 dan 13 dengan

menghitung nilai-nilai yang dibutuhkan pada distribusi log pearson III sebagai berikut :

Jika $C_s = 0$ nilai $K_T = z$ pada distribusi normal, namun jika $C_s \neq 0$ nilai K_T dihitung menggunakan rumus berikut :

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5 \dots\dots\dots (17)$$

Dengan terlebih dahulu mencari nilai k :
 $k = C_s/6 \dots\dots\dots (18)$

Nilai K_T pada distribusi ini dapat dilihat pada tabel koefisien kemencengan, namun jika tidak terdapat pada tabel maka nilai K_T dihitung dengan persamaan interpolasi berikut :

$$K_T = K_TBA + \frac{(K_TBB - K_TBA)}{(C_sBB - C_sBA)} (C_s \text{ Diketahui} - C_sBA) \dots (18)$$

$$K_T = K_TBA + \frac{(K_TBB - K_TBA)}{(T.BB - T.BA)} (T \text{ Diketahui} - T.BA) \dots (19)$$

Keterangan :
BA = batasa atas
BB = batas bawah
T = periode ulang tahun

Tabel 1. Nilai K_T Distribusi Log Pearson Type III

C _s	Periode Ulang, T (tahun)							
	1.01	1.25	2	5	10	25	50	100
	Probabilitas (p = 1/T)							
	0.99	0.8	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01
3	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-1	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-2	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-3	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.660	0.666	0.667

Sumber : U.S Water Resources Council, 1981 dalam Ven Te Chow *et al.*, 1988

5. Distribusi Gumbel

Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode Gumbel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = u + \alpha y_T \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan :
 u = mode distribusi, dengan rumus :
 $u = \bar{x} - 0,5772\alpha \dots\dots\dots (21)$

α = parameter distribusi Gumbel :
 $\alpha = \frac{\sqrt{6s}}{\pi} \dots\dots\dots (22)$

y_T = faktor frekuensi :
 $y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots (23)$

2.2 Uji Distribusi Probabilitas Frekuensi Curah Hujan

Menurut Kamiana (2011), Uji distribusi probabilitas merupakan pengujian untuk mengetahui persamaan distribusi probabilitas yang dipilih apakah dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang dianalisis. Terdapat dua macam metode pengujian distribusi

probabilitas, yaitu metode Chi-Kuadrat (X^2) dan metode Kolmogorov-Smirnov.

1. Metode Chi-Kuadrat (X^2)

Rumus yang dipakai dalam perhitungan uji probabilitas metode chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots (24)$$

Keterangan :
 X^2 = parameter chi-kuadrat terhitung
 n_i = frekuensi yang diamati
 e_i = frekuensi teoritis

2. Metode Kolmogorov-Smirnov (*K-S Test*)

Rumus yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

$$D_n = |F_x(X_i) - S_n(X_i)| \dots\dots\dots (25)$$

Keterangan :
 D_n = selisih max. probabilitas
 $F_x(X_i)$ = fungsi probabilitas kejadian
 $S_n(X_i)$ = jumlah probabilitas kejadian

2.3. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Perhitungan intensitas curah hujan secara empiris dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (26)$$

Keterangan :
 I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 t = lamanya hujan
 R_{24} = curah hujan max. harian (mm)

2.4 Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) adalah hidrograf yang diturunkan berdasarkan data sungai pada DAS yang sama atau DAS terdekat tetapi memiliki karakteristik yang sama (Kamiana, 2011). Terdapat beberapa model HSS, diantaranya :

1. HSS Soil Conservation Service (SCS)

Hidrograf satuan sintetis SCS merupakan hidrograf satuan tak berdimensi, dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit (q) terhadap debit puncak (q_p) dan waktu sebagai nisbah waktu (t) terhadap waktu puncak (T_p).

Tabel 2. Koordinat Hidrograf HSS SCS

t/T _p	q/q _p	t/T _p	q/q _p	t/T _p	q/q _p
0,1	0,000	1,1	0,980	2,8	0,098
0,1	0,015	1,2	0,920	3,0	0,075
0,2	0,075	1,3	0,840	3,5	0,036
0,3	0,160	1,4	0,750	4,0	0,018
0,4	0,280	1,5	0,660	4,5	0,009
0,5	0,430	1,6	0,560	5,0	0,004
0,6	0,600	1,8	0,420		0,000
0,7	0,770	2,0	0,320		
0,8	0,890	2,2	0,240		
0,9	0,970	2,4	0,180		
1,0	1,000	2,6	0,130		

Sumber : Bambang T (2008) dalam Kamiana, 2011

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan HSS SCS adalah sebagai berikut (Ponce, 1989) :

a. Waktu kelambatan :

$$T_{lag} = L^{0,8} \left\{ \frac{2540-22,86CN}{14,104CN^{0,7}S^{0,5}} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

b. Durasi hujan efektif (T_r) :

$$T_r = \frac{2T_{lag}}{9} \dots\dots\dots (28)$$

c. Waktu puncak :

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_{lag} \dots\dots\dots (29)$$

d. Debit puncak :

$$q_p = \frac{C \times A}{T_p} \dots\dots\dots (30)$$

Keterangan :
 L = panjang sungai (km)
 CN = nilai *curve number*
 C = koefisien 2,08
 A = luas DAS (km²)

2. HSS Nakayasu
 Nakayasu (1950) telah menyelidiki hidrograf satuan di Jepang dan memberikan seperangkat persamaan untuk membentuk suatu hidrograf satuan sebagai berikut :

a. Waktu kelambatan :

1) $t_g = 0,4 + 0,058 \times L$ (untuk $L > 1$ km) ... (31)

2) $t_g = 0,21 \times L^{0,7}$ (untuk $L < 15$ km) (32)

b. Waktu puncak HSS :

$$t_p = t_g + 0,8T_r \dots\dots\dots (33)$$

c. Waktu saat debit = 0,3 kali debit puncak :

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g \dots\dots\dots (34)$$

d. Debit puncak HSS :

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6(0,3 \times t_p + t_{0,3})} \dots\dots\dots (35)$$

e. Debit lengkung naik ($0 < t < T_p$):

$$Q = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots (36)$$

f. Debit lengkung turun :

1) Jika $t_p < t < t_{0,3}$:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{t_{0,3}}} \dots\dots\dots (37)$$

2) Jika $t_{0,3} < t < 1,5t_{0,3}$:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 \times t_{0,3}}{1,5 \times t_{0,3}}} \dots\dots\dots (38)$$

3) Jika $t > 1,5t_{0,3}$:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 \times t_{0,3}}{2 \times t_{0,3}}} \dots\dots\dots (39)$$

Keterangan :
 1,5t_{0,3} = waktu debit = 0,3² kali debit puncak (jam)
 α = koef., nilainya antara 1,5 - 3,0
 C = koef. pengaliran (=1)
 R₀ = satuan kedalaman hujan (mm)

2.5 Metode Rasional

Menurut Suripin (2004), penggunaan metode rasional pada daerah pengaliran dengan beberapa sub daerah pengaliran dapat dilakukan dengan pendekatan nilai C gabungan atau C rata-rata dan intensitas hujan dihitung berdasarkan waktu konsentrasi yang terpanjang. Persamaan umum dari Metode Rasional adalah, sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (40)$$

$$Q_T = 0,278 \times C \times I_T \times A \dots\dots\dots (41)$$

Keterangan :
 Q = debit puncak (m³/det)
 Q_T = debit puncak periode ulang (m³/det)
 I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 I_T = intensitas curah hujan periode ulang (mm/jam)
 A = luas daerah pengaliran (km²)

2.6 HEC-HMS

Model HEC-HMS dapat memberikan simulasi hidrologi puncak aliran harian untuk menghitung debit banjir rencana dari suatu DAS. Dalam perangkat lunak HEC-HMS terdapat beberapa fasilitas yang disediakan diantaranya kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus, dan juga kemampuan membaca data GIS. Terdapat beberapa model dalam program HEC-HMS yang dapat digunakan untuk menghitung *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow*, dan *channel flow*. Sedangkan komponen analisis hidrograf banjir model HEC-HMS, yaitu sebagai berikut :

1. *Precipitation* (hujan)

Model yang digunakan diasumsikan yaitu hujan terdistribusi secara merata di seluruh DAS untuk periode waktu tertentu, sehingga dipilihlah model *user hyetograph method* untuk masukan (*input*) yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*).

2. *Volume Runoff* (volume aliran)
Metode SCS-CN (*SCS curve number*) merupakan metode yang memperkirakan kelebihan curah hujan sebagai fungsi dari hujan kumulatif, tutupan lahan, penggunaan lahan, dan kelembaban. Model perhitungan dalam metode SCS-CN adalah sebagai berikut :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \dots\dots\dots (42)$$

Keterangan :
P_e = akumulasi hujan efektif pada waktu t
P = akumulasi hujan pada waktu t
I_a = kehilangan awal (*initial loss*)
S = potensi retensi maksimum

Dimana hubungan empiris antara I_a dan S adalah:

$$I_a = 0,2S \dots\dots\dots (43)$$

Akumulasi hujan efektif pada saat t, ditunjukkan pada Persamaan 57 berikut :

$$P_e = \frac{(p - 0,2S)^2}{p + 0,8S} \dots\dots\dots (44)$$

Hubungan antara nilai retensi maksimum dengan karakteristik DAS berupa nilai CN adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \dots\dots\dots (45)$$

Keterangan :
S = parameter retensi
CN = *curve number*

Jika terdapat lebih dari satu jenis tanah maka nilai CN dihitung menggunakan rumus berikut :

$$CN_{komposit} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots (46)$$

Keterangan :
A_i = Luas area DAS

3. *Direct Runoff* (aliran langsung)
Metode *direct runoff* yang digunakan dalam model HEC-HMS ini adalah *SCS Unit Hydrograph*. Metode SCS UH membutuhkan penentuan waktu puncak / *time to peak* (t_p) dan debit puncak / *peak discharge* dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots (47)$$

Keterangan :
A = luas DAS
C = konversi konstan (2.08 dalam SI dan 484 dalam sistem kaki)

Dengan rumus waktu puncak sebagai berikut :

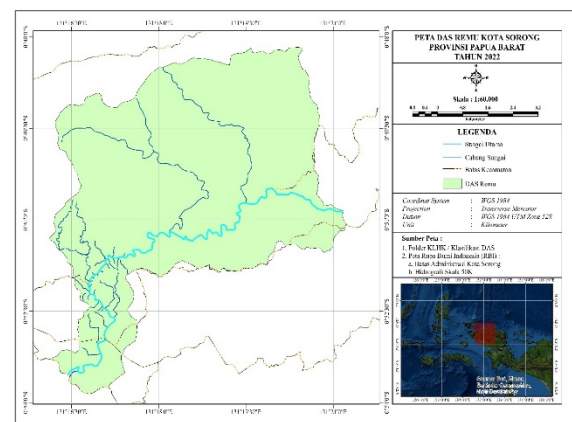
$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots (48)$$

Keterangan :
Δt = lama kelebihan hujan (jam)
t_{lag} = *time lag* (perbedaan waktu antara pusat massa curah hujan berlebih dan puncak UH) (jam)

4. *Baseflow* (aliran dasar)
Aliran dasar (*baseflow*) adalah aliran air yang tertahan oleh hujan sebelumnya yang tertampung sementara dalam tanah. Metode *baseflow* yang sering digunakan dalam model HEC-HMS adalah *constant montly model* dengan asumsi bahwa debit aliran dasar konstan setiap bulan.

3. METODE PENELITIAN

Secara administrasi lokasi penelitian terletak pada wilayah kota Sorong yaitu pada daerah aliran sungai (DAS) Remu yang terletak pada titik koordinat 131°16'30" - 131°21'0" BT dan 0°48'0" - 0°54'0" LS.



Gambar 1. Peta DAS Remu Kota Sorong

3.2 Alat dan Bahan

- Alat
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu buah perangkat komputer dengan aplikasi yang telah di-*install* yaitu Ms. Office 2016, Ms. Excel 2016, ArcGIS versi 10.8, WMS versi 11.1.1 dan HEC-HMS versi 4.10.
- Bahan

Bahan dalam penelitian ini yaitu data karakteristik daerah aliran sungai (DAS) Remu berupa data spasial dan data curah hujan wilayah yang representatif terhadap lokasi penelitian.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

- Pengumpulan Data
Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan sepuluh tahun dengan periode pencatatan pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2021, peta DAS Remu, peta tutupan lahan serta peta kelompok hidrologi tanah. Data curah hujan tahun 2012-2021 berasal dari Stasiun Meteorologi Kelas I Domine Eduard Osok Sorong.

2. Pengolahan Data

Pengolahan data diawali dengan mengumpulkan referensi-referensi atau studi literature yang berkaitan dengan penelitian ini. Selanjutnya dilakukan pemodelan HEC-HMS dengan menggunakan data curah hujan kawasan yang telah diolah. Setelah itu, perhitungan debit rencana secara teoritis menggunakan metode hidrograf satuan sintesis SCS dan Nakayasu serta metode rasional. Langkah terakhir adalah dengan membandingkan nilai debit rencana pemodelan HEC-HMS dan perhitungan debit secara teoritis.

3. Pemodelan Hidrograf Banjir dengan HEC-HMS

a. Menyusun parameter dan *initial condition*

▪ Pembuatan *Basin Model*

Pada pembuatan *basin models* langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menggambar objek, selanjutnya mengisi semua parameter pada komponen *basin models* yaitu *Loss Method* diisi dengan *SCS Curve Number*, *Transform Method* diisi dengan *SCS Unit Hydrograph*, dan *Baseflow Method* diisi dengan *Constant Montly*.

▪ Pembuatan *Meteorologic Models*

Pada komponen *meteorologic models* berisi data sebaran stasiun hujan dan juga data evapotranspirasi.

b. *Control Specification*

Pembuatan *control specification* digunakan untuk control pada proses *running model* (simulasi maupun kalibrasi). Pada komponen *control specification* ini memuat input tanggal memulai dan mengakhiri serta interval waktu yang dibutuhkan pada simulasi model.

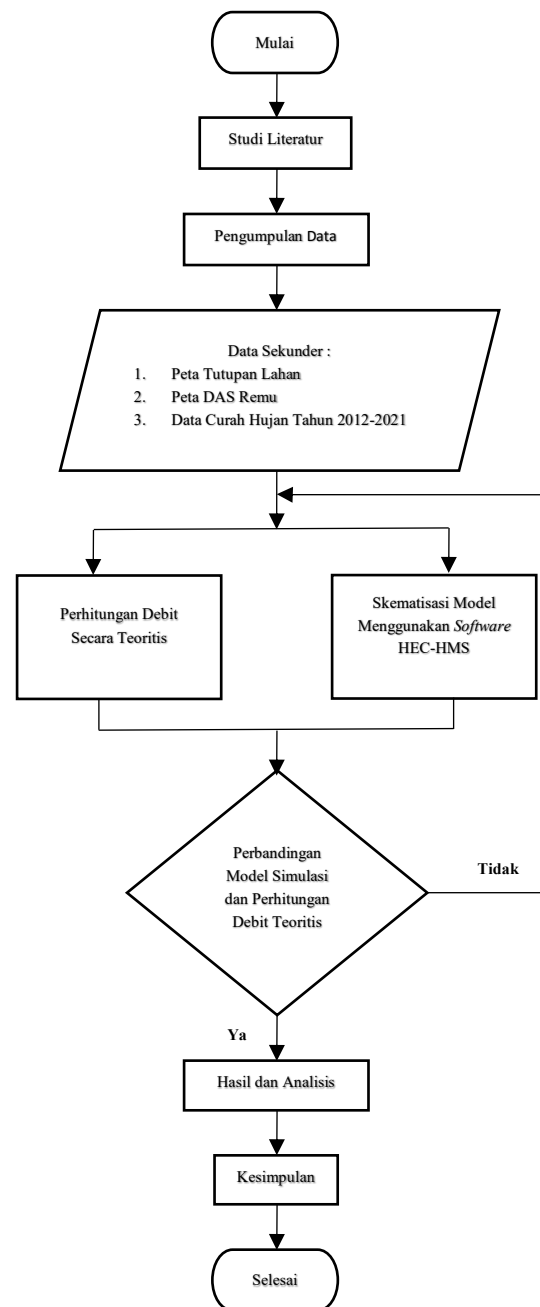
c. *Time Series Data*

Dalam pembuatan *time series data* terdapat beberapa tipe data yang dapat digunakan seperti data hujan, data debit, data elevasi muka air serta data temperature.

d. *Running Model*

Pada proses eksekusi atau *running model* fitur yang diklik untuk menjalankan program adalah : *compute* → *create simulation run* → *next* → *next* → *next* → *finish*. Setelah itu, untuk melihat hasil *running* atau *output* maka dapat meng-klik fitur : *compute* → *select run* → *runl*. Selanjutnya, akan ditampilkan hasil pengerjaan model dalam bentuk tabel maupun grafik (hidrograf).

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Dalam mengetahui hidrograf banjir diperlukan analisis hidrologi yang bertujuan untuk mengetahui jumlah intensitas curah hujan suatu wilayah. Sehingga dalam perhitungan debit dapat diketahui nilai debit daerah aliran sungai (DAS). Debit yang dianalisis adalah debit banjir rencana yang terjadi dalam periode atau kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

4.2 Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan yang dibutuhkan dalam perhitungan debit banjir ini adalah data curah hujan harian maksimum yang terjadi dalam satu tahun yang secara langsung berhubungan dengan daerah penelitian yaitu DAS Remu.

Data curah hujan pada penelitian ini diambil pada lokasi pengamatan Stasiun Meteorologi Domine Eduard Osok Kelas I Sorong dengan koordinat 131°21'0" - 131°16'30" BT dan 0°48'0" - 0°54'0" LS.

Tabel 3. Data Curuah Hujan

No.	Bulan	Tahun									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Januari	219	221	125	182	167	128	169	97	36	377
2	Februari	195	200	127	298	25	372	126	135	39	175
3	Maret	582	155	203	222	84	338	114	118	166	236
4	April	276	357	88	155	138	241	210	334	224	121
5	Mei	179	661	506	110	429	528	316	194	243	233
6	Juni	444	171	341	478	293	447	384	362	517	478
7	Juli	456	491	106	142	665	273	280	298	748	302
8	Agustus	348	284	355	31	226	487	182	141	392	511
9	September	191	221	96	8	412	734	102	77	678	519
10	Oktober	119	122	73	151	154	192	234	360	394	180
11	November	175	247	235	230	163	85	215	26	283	287
12	Desember	150	219	198	86	245	116	179	82	147	330

Sumber : Stasiun Meteorologi Domine Eduard Osok Kelas I Sorong, 2022

4.3 Parameter Statistik

Parameter statistic dihitung untuk mengetahui nilai-nilai yang akan dipakai dalam perhitungan analisis distribusi frekuensi curah hujan diantaranya nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi, koefisien varians, koefisien kemencengan dan koefisien kurtosis.

Tabel 4. Perhitungan Nilai Parameter Statistik

No.	Tahun	(Xi) (mm)	(Xi - \bar{x}) ²	(Xi - \bar{x}) ³	(Xi - \bar{x}) ⁴
1	2012	582	327,61	5929,74	107328,31
2	2013	661	9428,41	915498,61	88894915,13
3	2014	506	3352,41	-194104,54	11238652,81
4	2015	478	7378,81	-633839,78	54446837,02
5	2016	665	10221,21	1033364,33	104473133,90
6	2017	734	28934,01	4921675,10	837176934,70
7	2018	384	32364,01	-5822285,34	1047429143
8	2019	362	40763,61	-8230172,86	1661671900
9	2020	748	33892,81	6239666,32	1148722570
10	2021	519	2016,01	-90518,85	4064296,32
Total (Σ)		5639	168678,9	-1854787,32	4958225711

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4 dan persamaan 1-5 didapatkan nilai parameter statistic yaitu nilai rata-rata 563,9; standar deviasi 135,902; koefisien varians 0,243; koefisien kemencengan -0,1; dan koefisien kurtosis -1,259.

4.4 Analisis Frekuensi Distribusi Curah Hujan

Analisis frekuensi distribusi curah hujan dihitung untuk mengetahui curah hujan rencana berdasarkan empat jenis distribusi dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

1. Distribusi Normal

Curah hujan rencana distribusi normal berdasarkan parameter statistic dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

Periode ($p=1/T$)	Periode Ulang (tahun)	Besarnya variable reduksi Gauss			Curah hujan (Xi)
		\bar{x}	K_T	S_d	
0,2	5	563,9	0,846	136,902	679,097
0,4	2,5	563,9	0,268	136,902	598,527
0,6	1,67	563,9	-0,234	136,902	529,697
0,8	1,25	563,9	-0,836	136,902	448,703
0,999	1,001	563,9	-3,235	136,902	121,033

Sumber : Hasil perhitungan

2. Distribusi Lognormal

Pada perhitungan curah hujan rencana distribusi lognormal sebelumnya dihitung parameter statistic dalam logaritma.

Tabel 6. Perhitungan Nilai Parameter Statistik dalam Logaritma

No.	Tahun	(Xi) (mm)	Log Xi	(LogXi - Log \bar{x}) ²	(LogXi - Log \bar{x}) ³
1	2012	582	2,765	0,00068	1,7558E-05
2	2013	661	2,820	0,00660	0,000536744
3	2014	506	2,704	0,00121	-4,20803E-05
4	2015	478	2,679	0,00354	-0,000210698
5	2016	665	2,823	0,00704	0,000590351
6	2017	734	2,866	0,01607	0,002036943
7	2018	384	2,584	0,02390	-0,003695242
8	2019	362	2,559	0,03248	-0,005853835
9	2020	748	2,874	0,01822	0,002458662
10	2021	519	2,715	0,00056	-1,34229E-05
Total (Σ)		5639	27,389	0,11030	-0,004175022

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 6 diatas dan persamaan 14-16 didapatkan nilai parameter statistic dalam

logaritma yaitu nilai rata-rata 2,738; standar deviasi 0,111;; koefisien kemencengan -0,472.

Tabel 7. Curah Hujan Rencana Distribusi Lognormal

Periode (p=1/T)	Periode Ulang	Variabel reduksi Gauss			Log X _T	X _T
		log \bar{x}	K _T	Slog _x		
0,2	5	2,739	0,846	0,111	2,833	680,113
0,4	2,5	2,739	0,268	0,111	2,769	587,019
0,6	1,67	2,739	-0,234	0,111	2,713	516,448
0,8	1,25	2,739	-0,836	0,111	2,646	442,961
0,999	1,001	2,739	-3,235	0,111	2,381	240,331

Sumber : Hasil perhitungan

3. Distribusi Log Pearson Type III

Perhitungan curah hujan rencana distribusi log pearson type III dengan nilai C_s = -0,427, maka dasar perhitungan hujan rencana berdasarkan tabel nilai K_T distribusi log pearson type III dengan melakukan interpolasi dengan persamaan 18-19.

Tabel 8. Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson Type III

Periode (p=1/T)	Periode Ulang	Variabel reduksi Gauss			Log X _T	X _T
		log \bar{x}	K _T	Slog _x		
0,2	5	2,739	0,855	0,111	2,834	681,736
0,4	2,5	2,739	0,173	0,111	2,758	572,978
0,6	1,67	2,739	-0,319	0,111	2,704	505,433
0,8	1,25	2,739	-0,814	0,111	2,649	445,492
0,999	1,001	2,739	-2,634	0,111	2,447	280,102

Sumber : Hasil perhitungan

4. Distribusi Gumbel

Perhitungan distribusi gumbel diawali dengan menghitung parameter yang dibutuhkan pada perhitungan hujan rencana distribusi ini. Maka didapatkan nilai parameter distribusi gumbel berdasarkan persamaan 21-23 yaitu $\alpha = 106,742$; $u = 502,289$ dan nilai y_T pada tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

Periode (p=1/T)	Periode Ulang	Variabel Gauss		u	α	y _T	X _T
		\bar{x}	S _a				
0,2	5	563,9	136,902	502,289	106,742	1,500	662,395
0,4	2,5	563,9	136,902	502,289	106,742	0,672	573,990
0,6	1,67	563,9	136,902	502,289	106,742	0,091	511,969
0,8	1,25	563,9	136,902	502,289	106,742	-0,476	451,492
0,999	1,001	563,9	136,902	502,289	106,742	-1,933	295,979

Sumber : Hasil perhitungan

4.5 Resume Analisis Frekuensi Curah Hujan

Data curah hujan rencana keempat distribusi dapat dilihat pada tabel 10 dibawah.

Tabel 10. Resume Data Curah Hujan Rencana Analisis Frekuensi Hujan Rencana (mm)

Periode Ulang	Dist.			
	Normal	Lognormal	Pearson Type III	Gumbel
5	679,097	680,113	681,736	662,395
2,5	598,527	587,019	572,978	573,990
1,67	529,697	516,448	505,433	511,969
1,25	448,703	442,961	445,492	451,492
1,001	121,033	240,331	280,102	295,979

Sumber : Hasil perhitungan

4.6 Uji Distribusi Probabilitas Frekuensi Curah Hujan

Pengujian distribusi probabilitas dilakukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi) yang dapat dipakai dalam perhitungan intensitas curah hujan. Terdapat dua jenis pengujian distribusi probabilitas yaitu uji Chi-kuadrat dan uji Kolmogorov-smirnov. Pada masing-masing pengujian ditetapkan taraf signifikan (α) = 5% dengan asumsi tingkat kesalahan 5% atau tingkat kepercayaan 95%. Nilai pembanding yang digunakan pada uji chi-kuadrat yaitu $C_{0,05,2} = 5,991$ dan uji Kolmogorov-smirnov yaitu $D_{10}^{0,05} = 0,410$ berdasarkan jumlah data yang ada. Maka nilai uji probabilitas pada kedua pengujian masing-masing distribusi dapat dilihat pada tabel 11 dibawah.

Tabel 11. Nilai Uji Probabilitas

No.	Jenis Distribusi	Nilai Uji Probabilitas	
		Uji Chi Kuadrat (χ^2)	Uji Kolmogorov-Smirnov (K-S Test)
1	Dist. Normal	1,0	0,125
2	Dist. Lognormal	0,0	0,131
3	Dist. Log Pearson Type III	1,0	0,137
4	Dist. Gumbel	1,0	0,905

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan nilai pengujian diatas maka diambil curah hujan rencana distribusi lognormal dalam perhitungan intensitas curah hujan karena memiliki nilai terbaik pertama pada uji chi-kuadrat dan terbaik kedua pada uji Kolmogorov-smirnov.

4.7 Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan diperlukan bagi kebutuhan perhitungan debit banjir yang dinyatakan dalam dalam lengkung Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yaitu hubungan antara intensitas curah hujan dan lamanya hujan dan fekuensi hujan. Dalam membentuk lengkung IDF diperlukan data curah hujan jangka pendek, pada penelitian kali ini digunakan interval waktu per 1 jam pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dengan rumus Metode Mononobe pada persamaan 26.

Berdasarkan data sebaran hujan yang terjadi di Indonesia, hujan terpusat tidak lebih dari 7 (tujuh) jam (Sabrina,2021). Sehingga dalam penelitian ini digunakan intensitas curah hujan 6 (enam) jam.

Tabel 12. Intensitas Curah Hujan 24 Jam

t (jam)	Intensitas Curah Hujan (mm)					
	I ₂ tahun	I ₅ tahun	I ₁₀ tahun	I ₂₅ tahun	I ₅₀ tahun	I ₁₀₀ tahun
1	190,860	235,514	262,729	294,331	316,425	337,490
2	120,234	148,364	165,509	185,417	199,336	212,606
3	91,756	113,223	126,307	141,500	152,121	162,248
4	75,743	93,464	104,264	116,805	125,574	133,933
5	65,273	80,545	89,852	100,660	108,216	115,420
6	57,803	71,326	79,668	89,139	95,831	102,210
7	52,157	64,360	71,798	80,434	86,471	92,228
8	47,715	58,878	65,682	73,583	79,106	84,373
9	44,112	54,432	60,722	68,026	73,132	78,001
10	41,119	50,740	56,603	63,412	68,172	72,710
11	38,588	47,616	53,119	59,508	63,975	68,234
12	36,413	44,933	50,125	56,154	60,369	64,388
13	34,521	42,598	47,520	53,236	57,232	61,043
14	32,857	40,544	45,230	50,670	54,474	58,100
15	31,380	38,722	43,196	48,392	52,025	55,488
16	30,059	37,091	41,377	46,354	49,834	53,151
17	28,868	35,622	39,738	44,518	47,860	51,046
18	27,789	34,290	38,253	42,854	46,071	49,137
19	26,805	33,076	36,898	41,337	44,439	47,398
20	25,904	31,964	35,658	39,947	42,946	45,804
21	25,075	30,941	34,517	38,668	41,571	44,339
22	24,309	29,996	33,463	37,488	40,302	42,985
23	23,599	29,120	32,486	36,393	39,125	41,729
24	22,939	28,306	31,577	35,375	38,030	40,562

Sumber : Hasil perhitungan

4.9 Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rancangan pada metode rasional menggunakan persamaan 41 berdasarkan nilai koefisien pengaliran (C) yang terdapat pada daerah penelitian yaitu DAS Remu.

Tabel 13. Data Tutupan Lahan DAS Remu

Tutupan Lahan	Luas (km ²)	%	C _i	A _i C _i (km ²)
Bandara/Pelabuhan	0,162	0,30	0,95	0,15
Belukar	2,035	3,80	0,40	0,81
Hutan Lahan Kering Sekunder	32,540	60,69	0,50	16,27
Hutan Mangrove Sekunder	0,216	0,40	0,40	0,09
Pemukiman	4,400	8,21	0,60	2,64
Pertanian Lahan Kering Campur	14,260	26,60	0,40	5,70
Jumlah (Σ)	53,61	100		25,67

Sumber : Hasil analisis

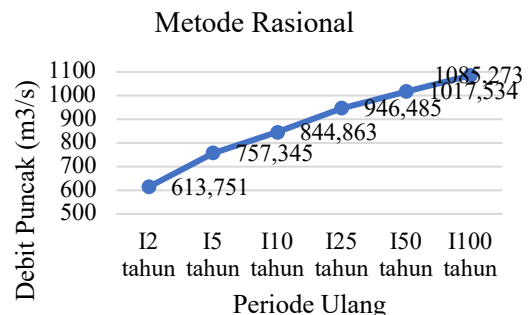
Pada tabel 14 disajikan hasil perhitungan debit puncak metode rasional.

Tabel 14. Debit Puncak Metode Rasional

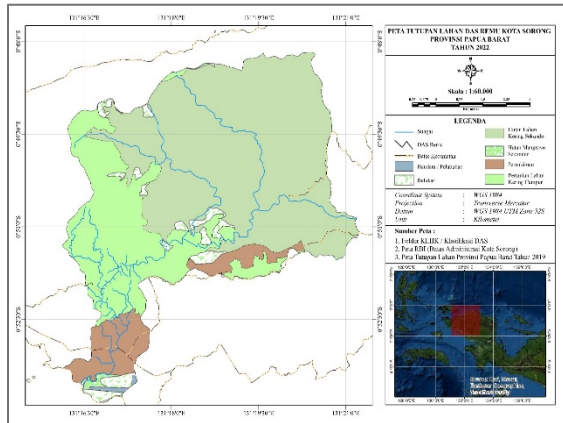
Periode Ulang	Debit Puncak (m ³ /s)
2 tahun	613,751
5 tahun	757,345
10 tahun	844,863
25 tahun	946,485
50 tahun	1017,534
100 tahun	1085,273

Sumber : Hasil perhitungan

Berikut grafik debit puncak pada metode rasional dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.



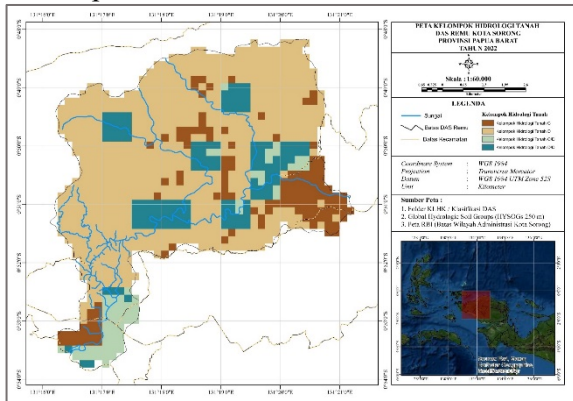
Gambar 3. Grafik Debit Puncak Metode Rasional



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan DAS Remu Kota Sorong

4.10 Metode HSS SCS

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis SCS, dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun diawali dengan menganalisis kelompok hidrologi tanah yang terdapat pada daerah penelitian.



Gambar 5. Peta Kelompok Hidrologi Tanah DAS Remu

Berdasarkan peta kelompok hidrologi DAS Remu diatas, maka didapatkan hasil analisis yang tersaji pada tabel 15 dibawah.

Tabel 15. Kelompok Hidrologi Tanah DAS Remu

No.	Tutupan Lahan	Kelompok Hidrologi Tanah			
		C	D	C/D	D/D
1	Bandara/Pelabuhan	98	98	98	98
2	Belukar	72	79	75,5	79
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	70	77	73,5	77
4	Hutan Mangrove Sekunder	77	83	80	83
5	Pemukiman	90	92	91	92
6	Pertanian Lahan Kering Campur	79	84	81,5	84

Sumber : Hasil analisis

Berdasarkan hasil analisis pada peta tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah, maka didapatkan parameter perhitungan HSS SCS diantaranya : $CN_{komposit} = 84,78$; $S = 45,59$; $T_{lag} = 2,649$ jam; $T_r = 0,589$ jam; $T_p = 2,943$ jam dan $q_p = 10,524 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{cm}$

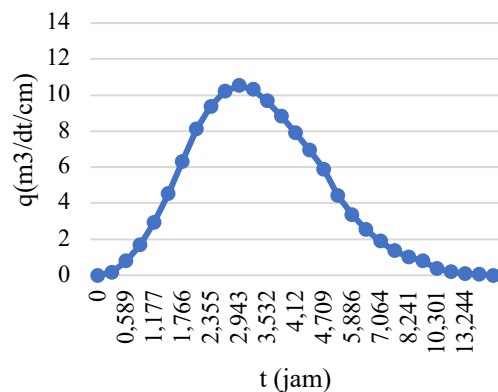
Komponen perhitungan HSS SCS digunakan untuk menghitung koordinat hidrograf SCS berikut :

Tabel 16. Koordinat Hidrograf HSS SCS

t/T_p	t (jam)	q/q_p	q ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{cm}$)
0,0	0,000	0,000	0,000
0,1	0,294	0,015	0,158
0,2	0,589	0,075	0,789
0,3	0,883	0,160	1,684
0,4	1,177	0,280	2,947
0,5	1,472	0,430	4,525
0,6	1,766	0,600	6,315
0,7	2,060	0,770	8,104
0,8	2,355	0,890	9,367
0,9	2,649	0,970	10,208
1,0	2,943	1,000	10,524
1,1	3,238	0,980	10,314
1,2	3,532	0,920	9,682
1,3	3,826	0,840	8,840
1,4	4,120	0,750	7,893
1,5	4,415	0,660	6,946
1,6	4,709	0,560	5,894
1,8	5,298	0,420	4,420
2,0	5,886	0,320	3,368
2,2	6,475	0,240	2,526
2,4	7,064	0,180	1,894
2,6	7,652	0,130	1,368
2,8	8,241	0,098	1,031
3,0	8,830	0,075	0,789
3,5	10,301	0,036	0,379
4,0	11,773	0,018	0,189
4,5	13,244	0,009	0,095
5,0	14,716	0,004	0,042
			0,000

Sumber : Hasil perhitungan

Koordinat Hidrograf HSS SCS



Gambar 6. Grafik Koorddinat Hidrograf HSS SCS

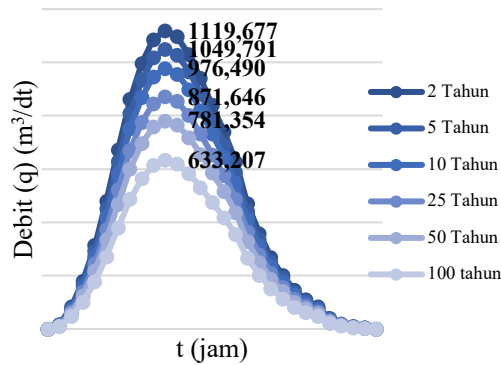
Setelah didapatkan nilai pada koordinat hidrograf metode HSS SCS maka selanjutnya dapat dihitung nilai debit puncak pada masing-masing periode ulang tahun yaitu 2, 5, 10, 25, 50 dan 100.

Tabel 17. Debit Puncak Metode HSS SCS

Periode Ulang	q_p (m ³ /dt)
2 tahun	633,207
5 tahun	781,354
10 tahun	871,354
25 tahun	976,490
50 tahun	1049,791
100 tahun	1119,677

Sumber : Hasil perhitungan

Metode HSS SCS



Gambar 7. Garafik Hidrograf Banjir Periode Ulang Metode HSS SCS

4.11 Metode HSS Nakayasu

Dalam perhitungan debit banjir rancangan metode nakayasu maka sebelumnya dihiung parameter lain yang dibutuhkan berdasarkan persamaan 31-39. Sehingga di dapatkan nilai-nilai parameter perhitungan metode nakayasu sebagai berikut :

Tabel 18. Parameter Perhitungan Metode HSS Nakayasu

Parameter	Nilai
t_g	1,352 jam
t_r	1,014 jam
t_p	2,163 jam
$t_{0,3}$	2,704 jam
Q_p	1,234 m ³ /dt/mm
$Q (0 < t < T_p)$	0,194 m ³ /dt/mm
$Q (t_p < t < t_{0,3})$	1,062 m ³ /dt/mm
$Q (t_{0,3} < t < 1,5t_{0,3})$	0,555 m ³ /dt/mm
$Q (t > 1,5t_{0,3})$	0,170 m ³ /dt/mm

Sumber : Hasil perhitungan

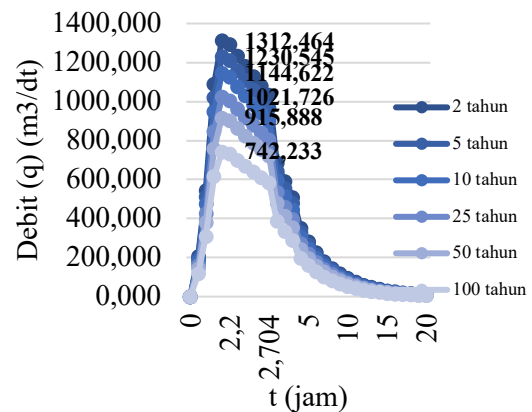
Berdasarkan parameter perhitungan diatas, maka didapatkan nilai debit puncak pada perhitungan metode HSS Nakayasu sebagai berikut :

Tabel 19. Debit Puncak Metode HSS Nakayasu

Periode Ulang	Q_p (m ³ /dt)
2 tahun	742, 233
5 tahun	915,888
10 tahun	1021,726
25 tahun	1144,622
50 tahun	1230,545
100 tahun	1312,464

Sumber : Hasil perhitungan

Metode HSS Nakayasu



Gambar 8. Grafik Hidrograf Banjir Periode Ulang Metode HSS Nakayasu

4.12 Simulasi Perhitungan Hidrograf Banjir HEC-HMS

Dalam pemodelan hidrograf banjir pada model simulasi HEC-HMS, diperlukan parameter perhitungan sebagai berikut :

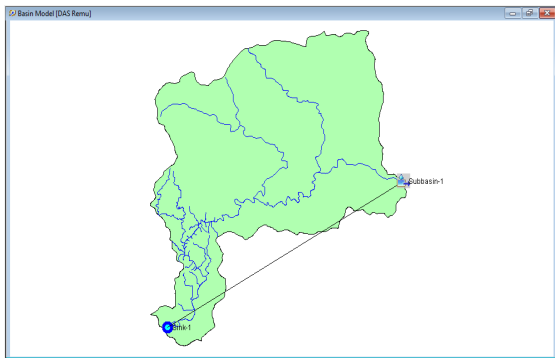
Tabel 19. Parameter Perhitungan Hidrograf Banjir HEC-HMS

Parameter	Nilai
Luas DAS (A)	53, 61 km ²
Panjang sungai (L)	16,41 km
CN _{komposit}	84,78
Impervious Area	8,54 %
Parameter Retensi (S)	45,59
Initial Abstraction (Ia)	9,12 mm
Waktu Kelambatan (T _{lag})	356,03 menit

Sumber : Hasil perhitungan

Proses simulasi hidrograf banjir menggunakan model HEC-HMS terdiri dari beberapa tahap diantaranya pembuatan model DAS, proses *input* parameter dan running program HEC-HMS. Pembuatan model DAS dengan meng-*input* peta DAS dan jalur aliran

sungai serta mengisi parameter luas DAS yaitu 53,61 km².

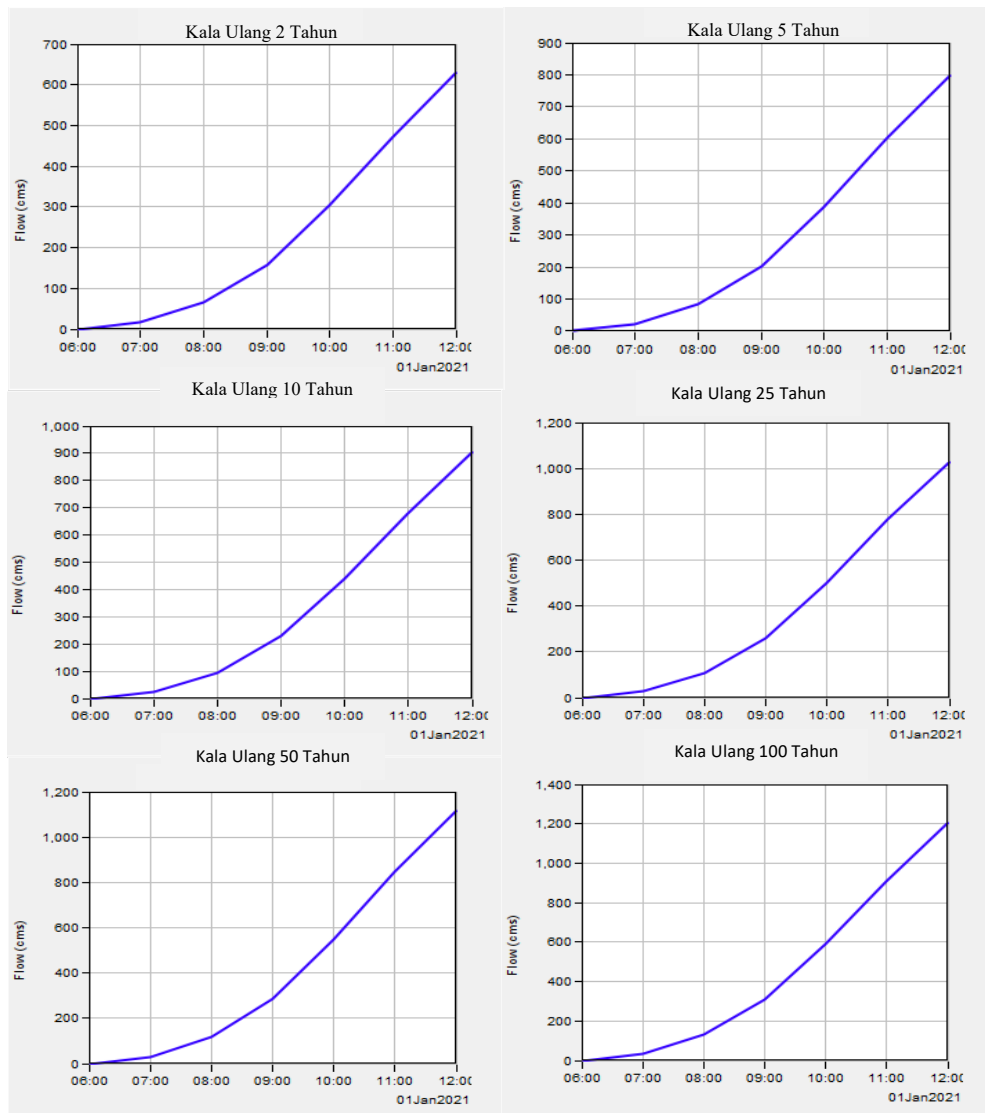


Gambar 9. Pemodelan DAS Remu dalam HEC-HMS

Setelah memodelkan DAS Remu selanjutnya dalam proses perhitungan hidrograf banjir model HEC-HMS menggunakan *loss method*

SCS Curve Number dan *transform method SCS Unit Hydrograph*. Terdapat tiga parameter untuk *loss method SCS Curve Number*, yaitu *curve number* (estimasi limpasan) yaitu 84,78, *impervious area* (area kedap air) yaitu 8,54 % dan *initial abstraction* (resapan awal) yaitu 9,12 mm. Sedangkan untuk *transform method SCS Unit Hydrograph* terdapat satu parameter yaitu waktu kelambatan (T_{lag}) yaitu 356,03 menit.

Berdasarkan parameter perhitungan debit banjir model HEC-HMS diatas, maka dapat disimpulkan bahwa DAS Remu memiliki laju infiltrasi dan resapan awal yang cukup rendah. Hidrograf banjir model HEC-HMS disajikan dalam bentuk grafik dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Gambar 10. Grafik Hasil Running Debit Rencana Kala Ulang HEC-HMS



Gambar 10. Grafik Hasil Running Debit Rencana Kala Ulang HEC-HMS

Berikut tabel hasil *running* hidrograf banjir model HEC-HMS :

Tabel 20. Hasil Running Model HEC-HMS

No.	Periode Ulang (tahun)	Debit Puncak (m ³ /s)	Volume Outflow (1000 m ³)
1	2	632,3	4790,8
2	5	801	6102,5
3	10	905	6912,3
4	25	1029,7	7883,6
5	50	1118,5	8576,5
6	100	1204,6	9247,6

Sumber : Hasil Pemodelan HEC-HMS

4.13 Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Simulasi HEC-HMS

Berdasarkan perhitungan debit rencana yang telah dihitung pada perhitungan secara teoritis hidrograf satuan sintentis Nakayasu, HSS SCS serta pemodelan HEC-HMS didapatkan perbedaan nilai debit puncak antara ketiga perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 21.

Dari ketiga metode perhitungan secara teoritis diatas, dilakukan perbandingan hasil masing-masing terhadap hasil model HEC-

HMS menggunakan pengujian *Root Mean Square Error (RMSE)* berikut :

Tabel 21. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Puncak

Periode Ulang (tahun)	Perhitungan Debit Secara Teoritis (m ³ /s)			Model HEC-HMS (m ³ /s)
	Metode Rasional	Metode HSS SCS	Metode HSS Nakayasu	
2	613,751	633,207	742,233	632,3
5	757,345	781,354	915,888	801
10	844,863	871,646	1021,726	905
25	946,485	976,490	1144,622	1029,7
50	1017,534	1049,791	1230,545	1118,5
100	1085,273	1119,677	1312,464	1204,6

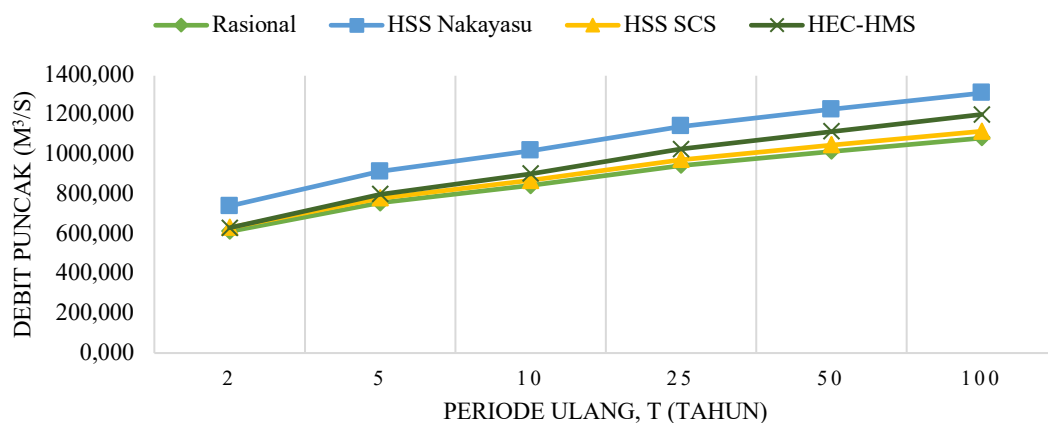
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 22. Nilai RMSE Perhitungan Secara Teoritis Terhadap Model HEC-HMS

Periode Ulang (tahun)	Nilai RMSE (%)		
	Rasional	HSS Nakayasu	HSS SCS
2	1,20	7,10	0,06
5	2,22	5,86	1,00
10	2,71	5,27	1,50
25	3,30	4,56	2,11
50	3,69	4,09	2,51
100	4,04	3,66	2,88

Sumber : Hasil Perhitungan

PERBANDINGAN PERHITUNGAN DEBIT SECARA TEORITIS DENGAN PEMODELAN HEC-HMS



Gambar 11. Grafik Perbandingan Perhitungan Debit Secara Teoritis Dengan Pemodelan HEC-HMS

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan hidrograf banjir yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Model hidrogograf banjir pada pemodelan HEC-HMS menunjukkan pergerakan aliran yang tidak konstan, namun terus bertambah nilai debitnya di setiap periode ulang.
2. Dalam pemodelan hidrograf banjir model HEC-HMS didapatkan karakteristik DAS Remu sebagai berikut :
 - Nilai debit puncak berturut-turut pada periode ulang 2 tahun 632,3 m³/s, 5 tahun 801 m³/s, 10 tahun 905 m³/s, 25 tahun 1029,7 m³/s, 50 tahun 1118,5 m³/s dan 100 tahun 1204,6 m³/s.
 - Nilai volume *outflow* berturut-turut pada periode ulang yaitu, 2 tahun 4790,8 m³, 5 tahun 6102,5 m³, 10 tahun 6912,3 m³, 25 tahun 7883,6 m³, 50 tahun 8576,5 m³, dan 100 tahun 9247,6 m³.
 - Waktu puncak pada masing-masing periode ulang adalah sama yaitu pada pukul 12.00.
3. Perbandingan perhitungan secara teoritis hidrograf banjir DAS Remu dengan model HEC-HMS memiliki nilai rata-rata perbedaan RMSE yaitu, pada metode Rasional 2,86 %, metode HSS SCS 1,68 %, dan metode Nakayasu 5,09 %. Dengan demikian hasil pemodelan HEC-HMS dapat divalidasi secara teoritis menggunakan metode HSS SCS.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Larry, W. (1988). Mays. *Applied Hydrology. International edition, MacGraw-Hill, Inc, 149.*
- Indarto. (2016). *Hidrologi : Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hifrograf Aliran Sungai.* Jakarta. *Bumi Aksara.*
- Juwono, P. T., & Subagiyo, A. (2019). *Integrasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dengan Wilayah Pesisir.* Universitas Brawijaya Press.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air.* *Graha Ilmu, Yogyakarta.*
- Latuamury, B. (2020). *Buku Ajar Manajemen DAS Pulau-Pulau Kecil.* Deepublish.

- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsoran.* Deepublish.
- Marsudi, S., & Lufira, R. D. (2021). *Morfologi Sungai.* CV. AE MEDIA GRAFIKA.
- Maryono, A. (2018). *Reformasi Pengelolaan Sumberdaya Air.* UGM PRESS.
- Munajad, R., & Suprayogi, S. (2015). *Kajian Hujan-aliran Menggunakan Model Hec-hms di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah.* *Jurnal Bumi Indonesia, 4(1).*
- Pariartha, I. P. G. S., Arimbawa, I. K. D., & Yekti, M. I. (2021). *Analisis Debit Rencana Tukad Unda Bagian Hilir Menggunakan HEC-HMS.* *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering, 12(2), 36-46.*
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering hydrology: Principles and practices (Vol. 640).* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Sabrina, N. T. (2021). *Analisa Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir Das Deli Menggunakan Metode Hss Nakayasu.*
- Salampessy, M. L., SHut, M., Rushestiana Pratiwi, S., Ir Aisyah, M. P., & Panjaitan, I. P. B. (2021). *Buku Ajar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* PT Penerbit IPB Press.
- USACE. (2000). *HEC-HMS Technical Reference Manual.* USACE-HEC : Davis C.A