



Prediksi Debit Banjir Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan SCS pada DAS Aesesa untuk Mitigasi Resiko Banjir

Design Flood Discharge Prediction Using the SCS Unit Hydrograph Method in the Aesesa Watershed For Flood Risk Mitigation

Ralno Robson Klau¹⁾* Denik Sri Krisnayanti²⁾ Jakobis J Messakh¹⁾

¹⁾ Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Ilmu Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Penfui, Kupang NTT, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto Penfui, Kupang NTT, Indonesia

*Corresponding email: ralno_klau@staf.undana.ac.id

Diterima: 03 Februari 2025; Direvisi: 08 Maret 2025; Disetujui: 25 Mei 2026

Abstract

The Aesesa River Basin is located in the Ngada and Nagekeo Regencies on Flores Island, with a basin area of 1,169.24 km². The purpose of this research is to analyze the flood discharge of the Aesesa River Basin based on the Natural Resources Conservation Service (NRCS), USA Curve Number infiltration method, and the Synthetic Unit Hydrograph (SCS) method. Rainfall data used satellite TRMM corrected with rain gauge data, with a data length of 20 years (2000 – 2019). Observed discharge using the Boasaby staff gauge (SG) and basin characteristics using the Geographical Information System (GIS). Design rainfall analysis used the Generalized Extreme Value (GEV) distribution. Flood analysis used the soil conservation service synthetic unit hydrograph method (HSS SCS) with the aid of HEC-HMS software. The research results show that land cover is dominated by savanna and shrub vegetation, and soil types with low permeability result in a CN value of 77.77. Flood discharge analysis was subsequently performed for various return periods. The observed flood discharge obtained from hydraulic calculations using the continuity equation was approximately 405.19 m³/s. The calculated flood discharge for the 2-year return period was 250.10 m³/s. Meanwhile, at return periods of 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, and 1000 years, the flood discharge is 480.10 m³/s, 691.80 m³/s, 1036.10 m³/s, 1365.90 m³/s, 1759.70 m³/s, 2231.00 m³/s, 3020.90 m³/s, and 3755.30 m³/s respectively, all exceeding the observed flood discharge. These results indicate that the relatively high Curve Number (CN) value in the Aesesa Watershed reflects low infiltration capacity, thereby contributing to increased surface runoff.

Keywords: TRMM; GEV, HEC-HMS, observation, vulnerability

Abstrak

Daerah Aliran Sungai (DAS) Aesesa terletak di Kabupaten Ngada dan Nagekeo di Pulau Flores dengan luas DAS 1.169,24 km². Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis debit banjir DAS Aesesa berdasarkan metode infiltrasi Curve Number dari NRCS, USA serta Hidrograf Satuan Sintetis SCS. Data hujan menggunakan satelit TRMM dikoreksi dengan data pos hujan dengan panjang data 20 tahun (2000 – 2019). Debit observasi menggunakan data staff gauge (SG) Boasaby dan karakteristik DAS menggunakan Geographical Information System (GIS). Analisis hujan rancangan menggunakan distribusi Generalized Extreme Value (GEV). Analisis banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintetis Soil Conservation Service (SCS) dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Hasil penelitian diperoleh bahwa tutupan lahan didominasi oleh savana dan semak belukar, kondisi jenis tanah dengan permeabilitas rendah menghasilkan nilai CN sebesar 77,77 dan selanjutnya dilakukan analisis debit banjir pada berbagai kala ulang. Debit banjir observasi yang didapatkan dari perhitungan hidraulika dengan persamaan kontinuitas berkisar 405,19 m³/s. Untuk debit banjir hasil hitungan pada kala ulang 2 adalah sebesar 250,10 m³/s sedangkan pada kala ulang 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, dan 1000 tahun sebesar 480,10 m³/s, 691,80 m³/s, 1036,10 m³/s, 1365,90 m³/s, 1759,70 m³/s, 2231,00 m³/s, 3020,90 m³/s dan 3755,30 m³/s berada di atas debit banjir hasil observasi. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai Curve Number (CN) yang relatif tinggi pada DAS Aesesa mengindikasikan kapasitas infiltrasi yang rendah, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan limpasan permukaan.

Kata Kunci: TRMM, GEV, HEC-HMS, observasi, kerentanan

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana alam yang sering kali terjadi di musim penghujan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Kondisi ini diakibatkan oleh adanya kelebihan debit air pada badan air, sehingga air meluap dan menggenangi daerah-daerah di sekitarnya (Orfa dkk., 2019). Kerentanan banjir pada suatu daerah umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain potensi curah hujan, juga disebabkan oleh aspek sosial dan aspek fisik. Kerentanan banjir dari aspek sosial dipengaruhi oleh kondisi kepadudukan, sementara kerentanan fisik dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan, kemiringan lereng, kerapatan drainase dan bentuk lahan (Balai Bendungan, 2019)

Daerah aliran sungai Aesesa, sebagai DAS terbesar di Wilayah Sungai Flores, terletak di wilayah Kabupaten Ngada dan Kabupaten Nagekeo. DAS ini memiliki luas sebesar 1.181,45 km² (terluas dibanding DAS lainnya) dan panjang sungai sebesar 80,99 km (terpanjang dibanding DAS lainnya). DAS Aesesa juga memiliki karakteristik bentuk yang kompleks sehingga rentan terhadap banjir. Hal ini dikarenakan waktu puncak banjir lebih lama dibandingkan dengan waktu selesainya (Krisnayanti dkk., 2020). Kondisi DAS yang besar dan kompleks serta terletak di dua wilayah kabupaten tentunya akan berpengaruh pada perubahan tutupan lahan dan kondisi jenis tanah yang cenderung berubah sepanjang tahun. Hal ini menyebabkan adanya kerentanan terhadap banjir pada wilayah DAS tersebut.

Kerentanan banjir pada DAS Aesesa perlu diperhitungkan secara baik sehingga upaya-upaya mitigasi dan adaptasi dapat dilakukan guna mengurangi besarnya kerugian yang terjadi. Kerentanan banjir dapat dilakukan melalui analisis terhadap berbagai data hidrologi yang terukur seperti data hujan, data jenis tanah dari peta global jenis tanah (*Harmonized World Soil Data*), peta hidrogeologi (untuk mengetahui sumber aliran *baseflow*), peta tata guna lahan, dan karakteristik DAS.

Untuk analisis frekuensi curah hujan digunakan distribusi probabilitas *Generalized Extreme Value* (GEV). Distribusi GEV ini merupakan distribusi probabilitas kontinu yang dikembangkan berdasarkan teori nilai ekstrem yang mencakup distribusi Gumbel, Frechet dan Weibull. Sesuai dengan teori tersebut, distribusi GEV adalah satu-satunya distribusi yang menormalisasi nilai maksimum atas serangkaian data identik dan independen yang terdistribusi secara acak (Berbesi-Prieto dkk., 2025). Distribusi probabilitas GEV telah banyak digunakan di berbagai negara, baik di Asia, Eropa, Amerika, Afrika maupun di

Australia, dan diakui sebagai distribusi probabilitas yang paling akurat dalam memprediksi nilai ekstrem (Balai Bendungan, 2019).

Penggunaan GEV ini pernah dilakukan di DAS Uzh Ukraina (Sergiy dkk., 2026); di DAS Tapi di Sarangkhedha, India (Vivekanandan, 2025); di DAS-DAS di Bosnia dan Herzegovina (Gnjato dkk., 2025), serta di DAS yang terletak di Afrika Barat (Houteta, dkk., 2025). Berbagai penelitian telah memvalidasi ketangguhan dan keandalannya distribusi GEV ini, khususnya untuk kejadian ekstrem hidrologi dan meteorologi di bawah kondisi perubahan iklim (Aich dkk., 2016).

Selanjutnya, untuk mengkaji karakteristik DAS diperoleh dari peta *Digital Elevation Model* (DEM) dan peta Bakosurtanal. Peta tersebut menggunakan aplikasi HEC Geo sehingga diperoleh luas, panjang, kemiringan sungai, dan kemiringan DAS. Berbagai data hidrologi yang telah disebutkan tersebut akan sangat berpengaruh pada perubahan dalam sistem DAS tersebut (Harto, 2000).

Analisis banjir pada DAS Aesesa dapat dilakukan menggunakan aplikasi *Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS). Aplikasi ini digunakan dengan metode HSS *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS - CN) yang dapat menghitung debit banjir yang dihasilkan karena pengaruh perubahan lahan, kondisi jenis tanah dan kemiringan lahan pada suatu DAS. Perhitungan kehilangan air (*loss model*) yang digunakan adalah metode *SCS Curve Number*. SCS-CN dianggap pula sebagai teknik cepat yang secara akurat menentukan debit limpasan harian untuk berbagai kondisi cuaca dan sudah diterapkan di berbagai ukuran kondisi daerah aliran sungai (Al-Juaidi dkk., 2026; Abedi-Koupai dkk., 2022; Verma dkk., 2020; Shresta, 2003).

Pendekatan SCS-CN juga dibahas dengan berbagai penggunaannya dalam hidrologi serta masalah terkait skala, variasi penggunaan lahan, dan dampak perubahan iklim (Soulis, 2021). El-Hames (2012) menggunakan teknik SCS-CN untuk menghitung volume limpasan pada daerah semi-kering yang tidak memiliki stasiun pengukuran.

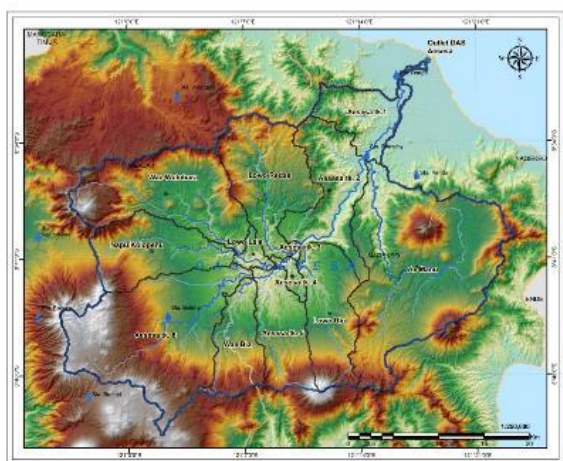
Hasil penelitian terdahulu pada DAS di Indonesia juga telah menunjukkan bahwa akibat adanya peningkatan nilai CN dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS, analisis limpasan permukaan pada suatu DAS akan cenderung semakin meningkat. Beberapa hasil penelitian pada beberapa DAS, seperti pada DAS Sampean Baru (Affandy dkk., 2008), DAS Ci Leungsi Hulu (Marko dkk., 2018), Sub-DAS Kampar Kiri (Firdaus dkk., 2015), dan DAS Lesti (Ideawati dkk., 2015). Beberapa penelitian tersebut juga menunjukkan

bahwa perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun mengakibatkan peningkatan nilai CN pada DAS tersebut. Parameter ini berpengaruh pada besarnya limpasan permukaan. Oleh karena itu, pengetahuan terhadap besarnya nilai CN pada DAS Aesesa akan sangat membantu dalam menghitung besarnya limpasan permukaan yang terjadi pada DAS Aesesa. Mengingat bahwa pada DAS Aesesa ini tidak tersedia data pengamatan debit atau elevasi muka air banjir, maka perhitungan hidrograf debit ditentukan berdasarkan kondisi fisik DAS yang dalam hal ini dinyatakan dalam bentuk *Curve Number*.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kerentanan banjir menggunakan aplikasi HEC-HMS pada DAS Aesesa dengan mengetahui besarnya nilai CN sehingga upaya-upaya mitigasi dan adaptasi dapat dilakukan guna mengurangi besarnya kerugian yang terjadi akibat banjir.

METODOLOGI

DAS Aesesa sangat strategis karena membagi dua wilayah kabupaten, yaitu Kabupaten Ngada dan Kabupaten Nagekeo, di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pembagian DAS Aesesa pada kedua wilayah tersebut hampir merata, di mana wilayah dari inlet DAS sampai ke pertengahan DAS berada di Kabupaten Ngada, sementara wilayah dari pertengahan DAS DEM sampai ke *outlet* berada di Kabupaten Nagekeo. Secara geografis, wilayah DAS Aesesa berada pada koordinat $120^{\circ}56'0''E$ dan $8^{\circ}52'0''S$. Penelitian ini dilaksanakan pada DAS Aesesa yang berada di Wilayah Sungai Flores seperti terlihat pada Gambar 1.

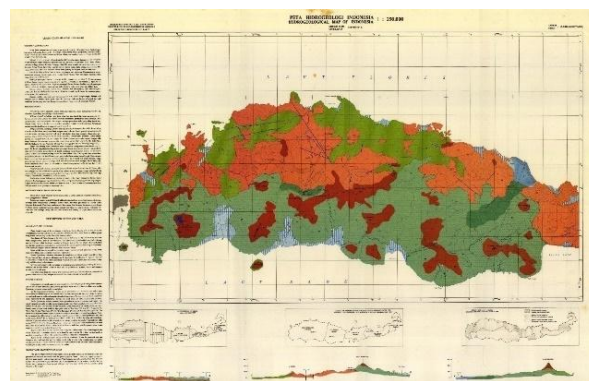


Gambar 1 Peta Lokasi DAS Aesesa

Data yang dipakai pada penelitian ini yaitu data sekunder. Jenis dan sumber data berupa: data curah hujan yang diperoleh dari BMKG Lasiana, yaitu stasiun Danga, stasiun Rendu, stasiun Bajawa dan stasiun Waepana, dengan panjang data rata-rata 5 –

9 tahun dari tahun 2015–2019. Sementara itu, dari pos hujan BWS Nusa Tenggara II, yaitu stasiun Kajumbawa Uluwae, Boasaby Mbay, Bomari Bokani dan Buluha, dengan panjang data rata-rata antara 7 – 11 tahun dari tahun 2008–2018. Selain itu, juga digunakan data hujan satelit *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) dengan panjang data 20 tahun dari tahun 2000–2019. Data tinggi muka air untuk kalibrasi debit banjir menggunakan data pencatatan *staff gauge* (SG) milik Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II pada posisi *staff gauge* Boasaby (diambil data tinggi muka air tertinggi yang pernah terjadi, yaitu pada tanggal 16 Januari 2008 – 18 Januari 2008).

Data DEM, peta penggunaan lahan dan peta litologi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai jenis dan karakteristik batuan yang berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi, permeabilitas, dan aliran air tanah di suatu daerah aliran sungai. Peta litologi Pulau Flores seperti terlihat pada Gambar 2.



Sumber: Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan Bandung, 2020

Gambar 2 Peta Litologi Pulau Flores

Berdasarkan data tersebut dilakukan analisis dengan langkah - langkah sebagai berikut:

- Pengambilan data hujan untuk stasiun hujan dari BMKG Lasiana dan BWS Nusa Tenggara II.
- Hasil pemodelan grid-grid TRMM sesuai dengan yang disyaratkan, yaitu 1 grid memiliki resolusi spasial $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, menunjukkan bahwa pada DAS Aesesa terdapat 6 grid TRMM yang menjadi dasar dalam melakukan pengambilan data hujan.
- Koreksi data hujan pos hujan dan data hujan satelit TRMM
 - 1) Data hujan bulanan pos hujan dan data satelit TRMM

Data hujan bulanan dari 8 pos hujan yang ada dianalisis dengan korelasi dan RMSE dengan

data satelit, di mana data hujan yang memiliki analisis korelasi > 0,6 itulah yang digunakan untuk analisis lanjutan (Orfa dkk., 2019).

2) Data hujan harian pos hujan dan data satelit TRMM

Koreksi data hujan harian dilakukan pada pos hujan yang lolos koreksi awal (koreksi data hujan bulanan). Koreksi data hujan harian maksimum tahunan (HHMT) akan menunjukkan bahwa data TRMM yang terkoreksi semakin mendekati data pos hujan pada grid TRMM tersebut. Apabila kondisi ini terjadi, maka data hujan hasil koreksi tersebut semakin valid untuk digunakan dalam analisis lanjutan (Patria dkk., 2019); (Senjaya dkk., 2020).

3) Pemilihan data hujan untuk analisis debit banjir rancangan

Data hujan yang terkoreksi, baik hujan bulanan maupun HHMT, selanjutnya dievaluasi panjang datanya. Apabila panjang data hujan pos hujan tidak mencapai 20 tahun, maka digunakan data HHMT dari data satelit yang terkoreksi dengan data hujan stasiun hujan dengan panjang data 20 tahun.

d. Uji konsistensi data hujan dengan metode RAPS.

e. Analisis distribusi hujan rancangan menggunakan *Generalized Extreme Value* (GEV) dengan menggunakan perangkat SMADA modul DISTRIB 2.20.

Analisis hujan rancangan dengan menggunakan metode *growth factor* (GF) dan analisis nilai R_{100}/R_2 yang harus berada dalam range 1.5 - 3.4.

f. Perhitungan hujan wilayah rerata menggunakan metode polygon Thiessen.

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

g. Penentuan karakteristik DAS dan pembuatan peta tutupan lahan dan peta tanah dari HWSO untuk diubah menjadi HSG menggunakan *software ArcGIS 10.5*. Termasuk juga menggambarkan peta hidrogeologi yang menunjukkan sumber aliran *baseflow*.

h. Menentukan nilai CN berdasarkan gabungan dari kondisi kelembapan tanah dan data jenis tutupan lahan yang diperoleh dari Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup. Untuk perhitungan nilai CN gabungan pada masing-masing area dalam DAS menggunakan persamaan berikut:

$$CN_{comp} = \frac{(CN_1 \cdot A_1) + (CN_2 \cdot A_2) + \dots + (CN_n \cdot A_n)}{\sum A} \quad (2)$$

i. Analisis debit banjir simulasi menggunakan metode HSS SCS-CN dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS.

j. Kalibrasi nilai debit simulasi dan debit hasil observasi data sekunder berupa tinggi muka air dari pencatatan *staff gauge* (SG) Boasaby tanggal 16 Januari 2008 - 18 Januari 2008.

$$Q = C \times B \times H^{3/2} \quad (3)$$

Untuk lebih jelas langkah-langkah pengujian ini ditunjukkan pada diagram alir yang terlihat pada Gambar 3.

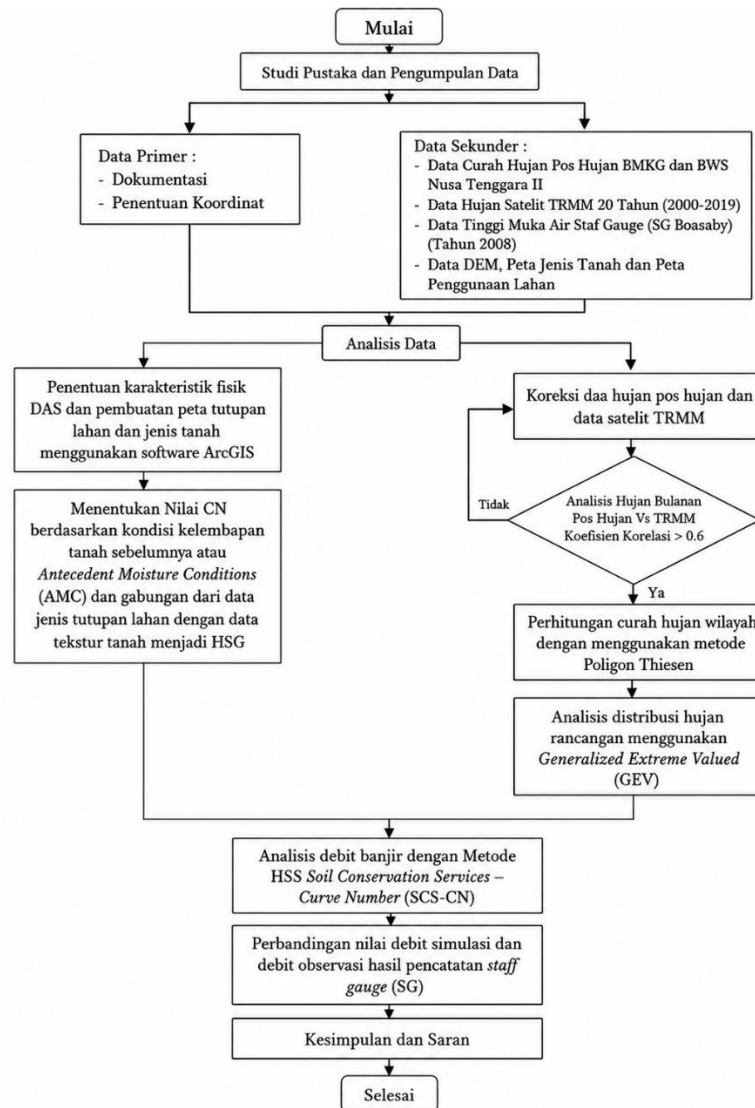
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil koreksi data hujan bulanan antara data pos hujan dan data satelit TRMM menunjukkan bahwa dari delapan pos hujan yang ada, tiga pos hujan dieliminasi dari analisis lanjutan karena nilai koefisien korelasi < 0,6. Data hujan yang digunakan untuk analisis lanjutan yaitu data hujan dari lima pos hujan, yaitu stasiun Boasaby Mbay, Rendu, Bajawa, Bomary Bokani dan Buluha.

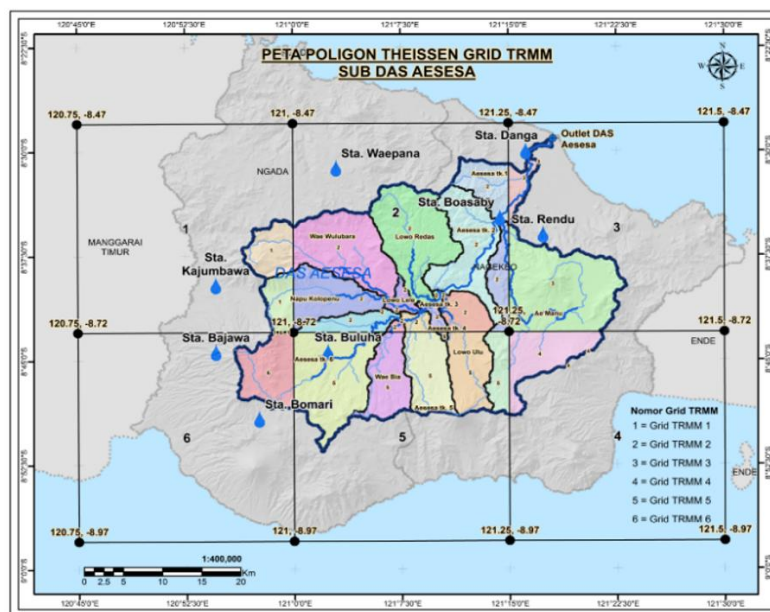
Selanjutnya, koreksi dilakukan terhadap lima data hujan yang lolos koreksi awal dengan melakukan koreksi nilai hujan harian maksimum tahunan (HHMT). Hasilnya menunjukkan bahwa data TRMM yang terkoreksi semakin mendekati data pos hujan pada grid TRMM tersebut. Kondisi ini membuat data hujan satelit yang dikoreksi terhadap kelima pos hujan ini semakin valid untuk digunakan dalam analisis lanjutan. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa data hujan hasil analisis koreksi TRMM yang lebih baik dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam analisis debit banjir rancangan (Partarini, dkk., 2019). Oleh karena data kelima pos hujan tersebut tidak memiliki panjang data yang cukup maka untuk analisis hujan rancangan digunakan data hujan satelit dengan panjang data 20 tahun yang telah dikoreksi terhadap data hujan dari pos hujan.

Perhitungan hujan rerata memakai metode Poligon Thiessen. Peta Poligon Thiessen terlihat pada Gambar 5. Berdasarkan luas daerah DAS Aesesa yaitu 1169,24 km², didapat bobot dari keenam grid satelit TRMM yang menggambarkan luasan terpengaruh pada poligon. Bobot dari grid 1 sampai dengan grid 6 secara berurutan adalah 0,054; 0,437; 0,143; 0,052; 0,265; dan 0,050. Pembagian 6 buah grid yang berpengaruh pada Poligon Thiessen terlihat pada Gambar 4.

Prediksi Debit Banjir Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan SCS...
(Ralno Robson Klau, Denik Sri Krisnayanti, Jakobis Johanis Messakh)



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Peta Poligon Thiessen Grid TRMM DAS Aesesa

Analisis hujan rancangan dengan menggunakan *Generalized Extreme Value* (GEV) pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 dan 1000 mendapatkan

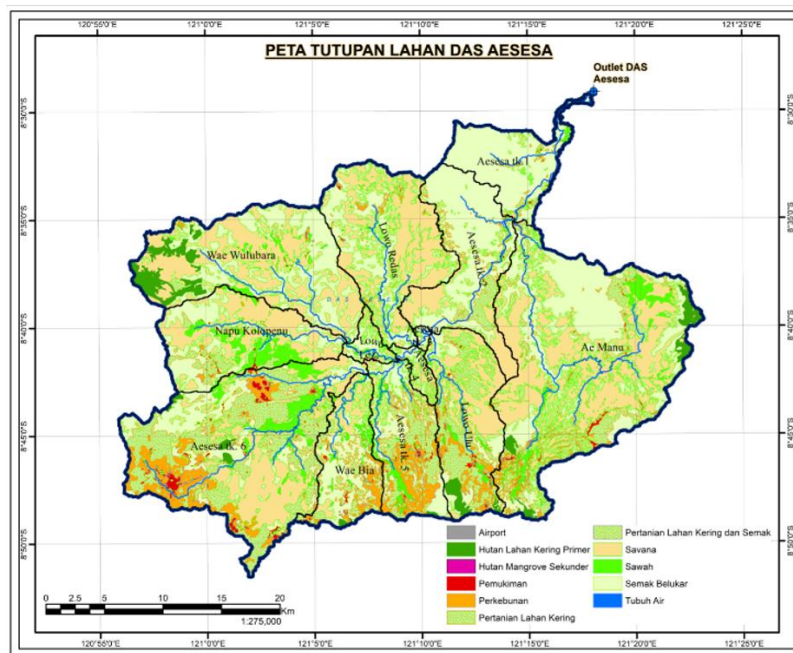
hasil bahwa nilai hujan rancangan 6 grid TRMM memenuhi syarat untuk digunakan dalam analisis debit banjir rancangan seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2 Curah Hujan Rancangan Berdasarkan Data Satelit

Return Period	TRMM 1	TRMM 2	TRMM 3	TRMM 4	TRMM 5	TRMM 6
	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	Grid 5	Grid 6
1000	116,99	187,93	354,68	157,50	276,51	411,39
500	114,35	165,54	291,23	149,11	248,54	335,25
200	110,26	138,71	225,84	137,55	214,48	256,01
100	106,64	120,30	187,35	128,44	190,73	208,90
50	102,49	103,35	156,27	118,97	168,55	170,52
25	97,70	87,69	131,11	109,10	147,76	139,18
10	90,13	68,61	104,85	95,25	122,02	106,14
5	83,07	55,01	88,92	83,82	103,37	85,89
2	70,28	36,72	70,94	65,73	77,79	62,76
R100/R2	1,52	3,28	2,64	1,95	2,45	3,33
Median	75,12	35,30	94,18	71,38	81,24	53,28

Berdasarkan penentuan karakteristik DAS dan pembuatan peta tutupan lahan serta hidrogeologi menggunakan *Software ArcGIS10.5*, maka diperoleh data 11 jenis tutupan lahan yaitu airport, hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, permukiman, perkebunan, pertanian lahan kering, semak belukar, dan tubuh air. Tutupan lahan yang mendominasi di DAS Aesesa adalah semak belukar 36,93% dan savana sebesar 34,93% seperti pada Gambar 5. Sementara itu hasil *overlay* peta litologi batuan di Pulau Flores mendapatkan data jenis batuan yang berkaitan dengan kemampuan batuan tersebut dalam menyimpan dan meloloskan air tanah di DAS Aesesa terbagi menjadi 10 jenis. Gambar 6 menunjukkan bahwa DAS Aesesa

didominasi oleh litologi batuan hasil gunung api tua, terdiri dari lava, breksi, aglomerat dan tufa dengan permeabilitas rendah sampai sangat rendah dan dikelompokkan dalam kelompok HSG D (potensi penyerapan air sangat kurang) dengan presentase luas sebesar 49,73%. Selain itu analisis klasifikasi *hidrologic soil group* (HSG) peta HSG pada DAS Aesesa secara menyeluruh diketahui didominasi oleh jenis tanah D (potensi menyerap air sangat kurang) dengan presentase sebesar 87,80%. Sedangkan jenis tanah C (potensi menyerap air sedang) dan B (potensi menyerap air kurang) masing-masing memiliki presentasi yang cukup kecil yaitu sebesar 12,12% dan 0,08% seperti pada Gambar 7.



Gambar 5 Peta Tata Guna Lahan DAS Aesesa

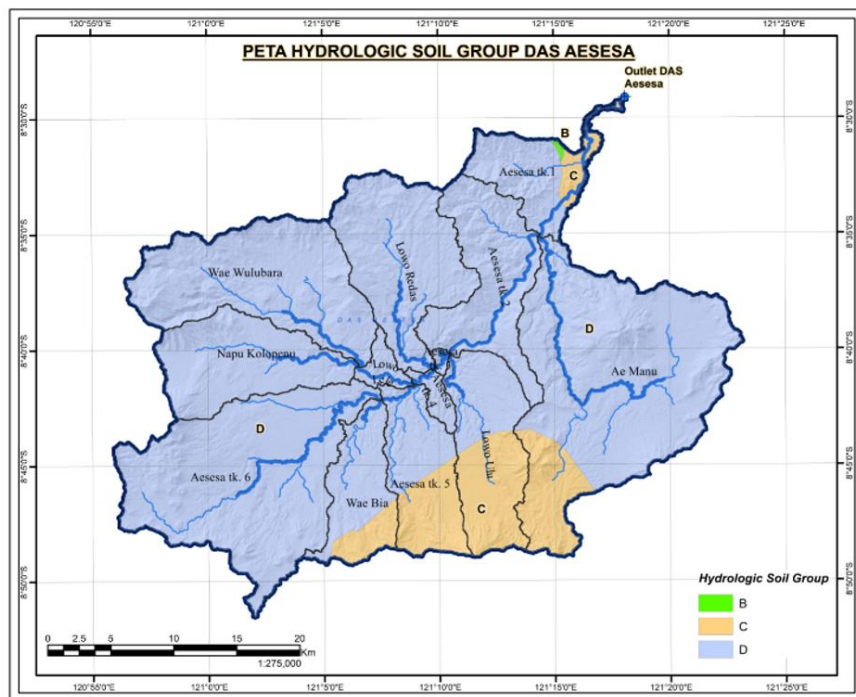
Prediksi Debit Banjir Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan SCS...
(Ralno Robson Klau, Denik Sri Krisnayanti, Jakobis Johanis Messakh)



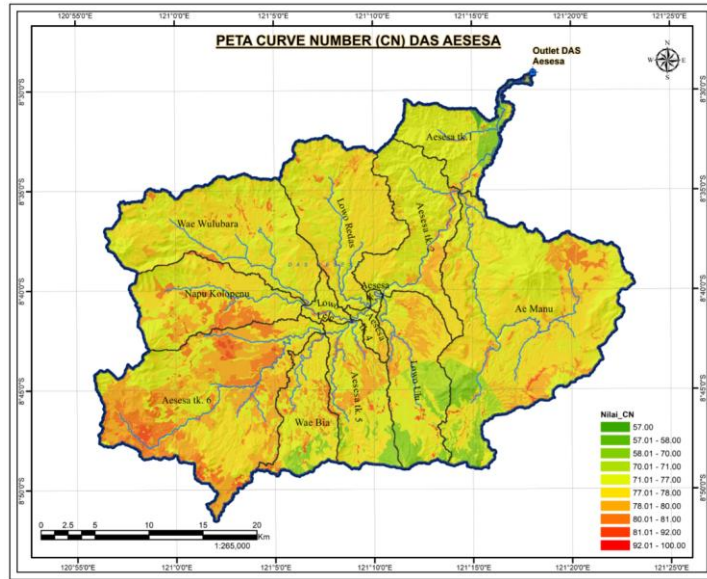
Gambar 6 Peta Hidrogeologi DAS Aesesa

Nilai *curve number* (CN) adalah nilai bersih setelah dikurangi jumlah air yang meresap (infiltrasi) berdasarkan tingkat permeabilitas tanah/batuan dari peta hidrogeologi, dan nilai limpasan dari klasifikasi tutupan lahan pada area DAS Aesesa. Hasil *overlay* tutupan lahan dan HSG mendapatkan nilai *Curve Number* (CN) untuk DAS Aesesa sebesar 77,77. Nilai CN tersebut dihasilkan dari bobot CN masing-masing subDAS, di mana nilai

CN pada masing-masing subDAS pada DAS Aesesa berkisar antara 76,08 - 79,41. Kondisi ini memberikan gambaran bahwa DAS Aesesa rentan terhadap limpasan permukaan atau banjir. Selanjutnya, debit banjir simulasi menggunakan metode HSS SCS-CN dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS. Hasil perhitungan debit banjir simulasi terlihat pada Tabel 3.



Gambar 7 Peta Hidrologik Soil Group (HSG) DAS Aesesa



Gambar 8 Peta Curve Number (CN) DAS Aesesa

Setelah pemodelan DAS Aesesa menggunakan aplikasi HEC-HMS dan memasukkan input data hasil analisis berupa nilai curah hujan rancangan menggunakan data satelit TRMM terkoreksi, karakteristik DAS Aesesa, nilai *runoff curve number (CN)* serta *curah hujan rata-rata wilayah*, maka simulasi debit banjir HEC-HMS untuk DAS Aesesa didapatkan untuk berbagai kala ulang seperti pada Tabel 3. Hidrograf banjir kala ulang DAS Aesesa seperti tergambar dalam Gambar 9.

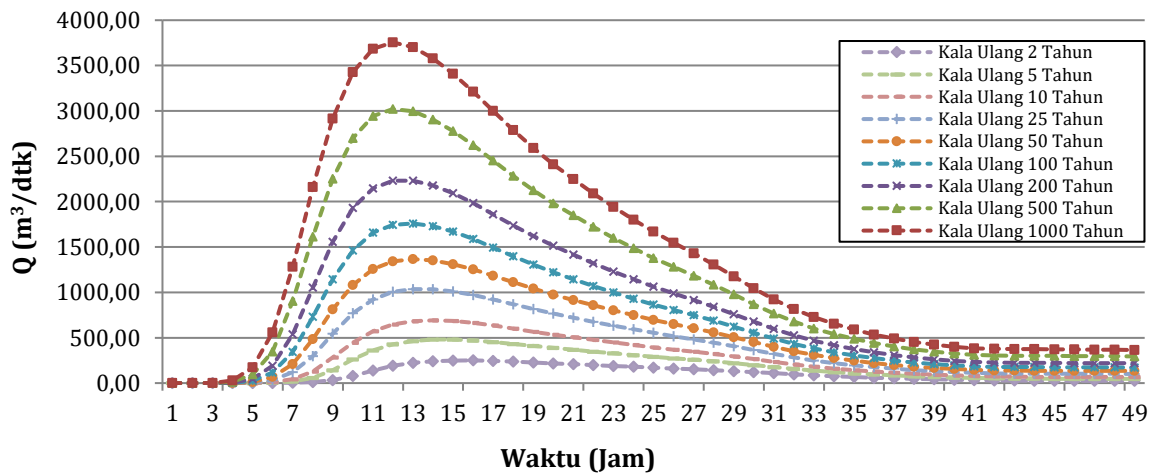
Untuk kewajaran dari nilai debit banjir yang sudah dihitung dari Tabel 3, selanjutnya dilakukan pengeplotan pada grafik Creager seperti dapat dilihat pada Gambar 11. Penggunaan grafik Creager diperlukan untuk pendekatan debit banjir rancangan sungai dikarenakan tidak tersedianya alat pengukur debit di lapangan (Kurniawati dkk., 2021). Hasil perbandingan debit dengan kala ulang

100 dan 1000 tahun pada DAS Aesesa menunjukkan masih dalam batas rentang nilai debit banjir di DAS-DAS NTT dan NTB yang pernah terjadi.

Tabel 3. Hasil Analisis Debit Berbagai Kala Ulang Dengan HEC-HMS

Nomor	Kala Ulang (Tahun)	Debit (m ³ /s)
1	2	250,40
2	5	480,10
3	10	691,80
4	25	1036,10
5	50	1365,90
6	100	1759,70
7	200	2231,00
8	500	3020,90
9	1000	3755,30

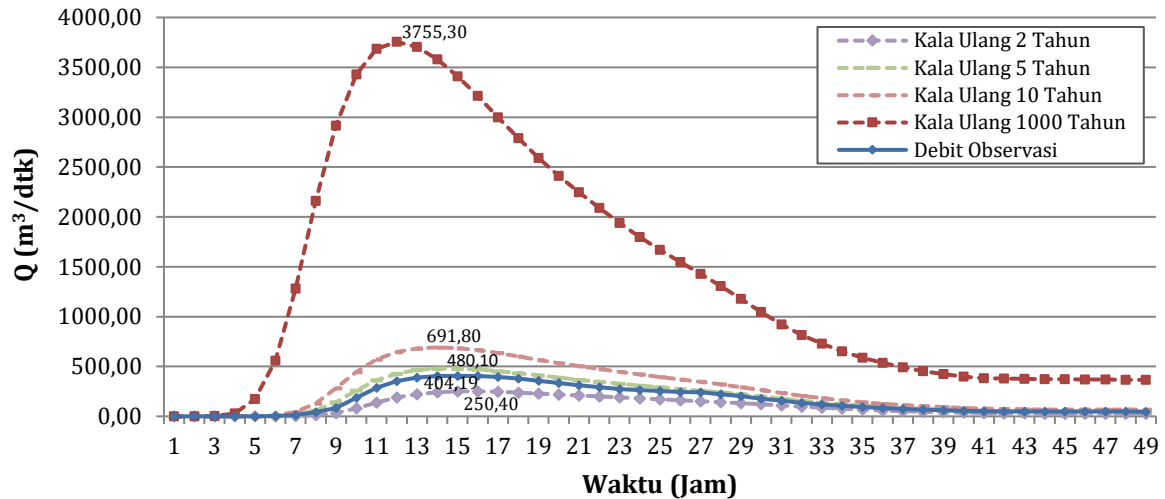
Sumber: Hasil analisis, 2021



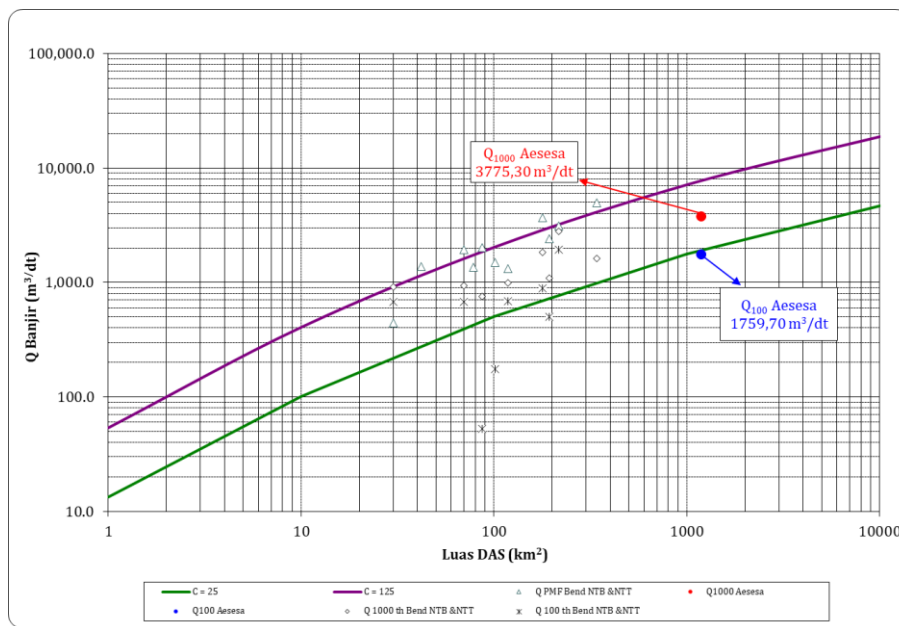
Gambar 9. Hidrograf Banjir Kala Ulang DAS Aesesa dengan HEC-HMS

Debit dari data sekunder hasil pencatatan *staff gauge* (SG) milik Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II pada posisi SG Boasaby pada tanggal 16 Januari 2008–18 Januari 2008 menunjukkan bahwa tinggi muka air pada SG Boasaby adalah sebesar 2,8 m. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan kontinuitas pada penampang sungai

saat tinggi muka air 2,8 meter adalah 405,19 m³/dtk. Hasil ini menunjukkan bahwa $Q_{\text{observasi}}$ berada di atas Q_{simulasi} pada kala ulang 2 tahun dan berada di bawah Q_{simulasi} pada kala ulang 5, 10, sampai 1000 tahun. Hasil perhitungan saat tinggi muka air 2,8 m ini, jika dipadukan dengan debit banjir kala ulang lainnya, dapat dilihat seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Hidrograf Banjir Perbandingan Debit Banjir Observasi dan Simulasi



Gambar 11. Grafik Creager Debit Banjir Kala Ulang pada DAS Aesesa dibandingkan dengan Debit Banjir Bendungan di NTT dan NTB

Berdasarkan Gambar 5, DAS Aesesa didominasi oleh jenis tutupan lahan yang masih baik, yaitu semak belukar dan savana, dengan persentase luasan sebesar 431,80 km² atau sebesar 36,93% dari luas DAS secara keseluruhan, serta 408,38 km² atau sebesar 34,93% dari luas DAS secara

keseluruhan. Akan tetapi, berdasarkan analisis kondisi litologi batuan, DAS Aesesa didominasi oleh jenis batuan berupa hasil gunung api tua, terdiri dari lava, breksi, aglomerat dan tufa dengan tingkat permeabilitas yang rendah atau tergolong dalam klasifikasi HSG D (potensi menyerap air sangat

kurang) dengan luasan sebesar 87,80 % dari luasan DAS Aesesa. Sementara wilayah dengan potensi menyerap air moderat dan menyerap air kurang hanya sebesar 12,12% dan 0,08 % dari luas DAS Aesesa. Hasil ini mengakibatkan nilai CN yang dihasilkan dari data tutupan lahan dan HSG sebesar 77,77.

Kondisi ini akan sangat berpengaruh pada besarnya *runoff* yang terjadi pada DAS Aesesa dan tentunya membawa pengaruh besar pada debit banjir yang terjadi pada badan air di DAS Aesesa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa DAS Aesesa, sekalipun memiliki kondisi tutupan lahan yang masih baik karena areal ruang terbuka yang masih luas, di sisi lain, memiliki kondisi jenis tanah dengan potensi menyerap air yang sangat kurang. Hal ini tentunya akan sangat berpengaruh pada besarnya limpasan permukaan yang terjadi .

Kondisi tutupan lahan dan jenis tanah pada DAS Aesesa memiliki kecenderungan terhadap aliran permukaan yang cukup tinggi. Hal ini diperparah oleh model karakteristik DAS yang besar dan panjang serta memiliki bentuk yang kompleks, dengan kerapatan sungai yang tergolong sedang dan cenderung berdrainase jelek sehingga mudah terjadi penggenangan. Apabila terjadi curah hujan ekstrem, potensi luasan DAS yang menerima aliran air hujan menjadi cukup besar dan *runoff* yang terjadi menjadi besar sehingga akan menimbulkan kerentanan terhadap banjir pada DAS Aesesa. Berdasarkan gambaran tentang kerentanan banjir yang terjadi dengan kondisi tutupan lahan seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, maka apabila terjadi perubahan penggunaan lahan pada tahun-tahun mendatang, tentunya akan meningkatkan kerentanan banjir pada wilayah DAS Aesesa.

Kerentanan banjir pada DAS Aesesa berdasarkan analisis debit banjir dengan metode infiltrasi *Curve Number* serta Hidrograf Satuan Sintetis SCS, selanjutnya dilakukan validasi dengan melihat kejadian peristiwa banjir yang terjadi berdasarkan data dari media. Hasil validasi dari beberapa media menunjukkan bahwa terdapat beberapa peristiwa banjir yang diakibatkan oleh luapan Sungai Aesesa.

Tabel 4. Berita Media Tentang Bencana Banjir Akibat Luapan Sungai Aesesa

Waktu	Media	Bencana
Februari 2017	MetroTV News.com	Banjir
Januari 2021	Florespedia/Kumparan.com	Banjir
Maret 2011	Pos-Kupang.com	Banjir
Mei 2020	Pos-Kupang.com	Banjir
Januari 2022	Pos-Kupang.com	Banjir

Sumber: Hasil inventarisir, 2024

Tabel 4 menjelaskan bahwa terdapat beberapa kejadian banjir yang terjadi akibat luapan Sungai Aesesa dan menimbulkan kerugian materiil dan imateriil pada kawasan DAS Aesesa. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kerentanan banjir yang tinggi pada DAS Aesesa, membutuhkan suatu penanganan DAS secara baik sehingga mitigasi bencana banjir pada DAS Aesesa dapat dilakukan. Kerentanan banjir yang tinggi sudah dijelaskan berdasarkan hasil perhitungan bahwa jenis tutupan lahan masih tergolong baik, namun jenis tanah DAS Aesesa tergolong dalam jenis yang mengakibatkan limpasan permukaan yang tinggi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu Firdaus, dkk (2015) tentang Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir Di Sub DAS Kampar Kiri menemukan bahwa akibat adanya perubahan penggunaan lahan pada sub DAS Kampar Kiri dari tahun 2005 ke tahun 2011 maka terjadi peningkatan nilai *runoff curve number* sehingga debit banjir yang dihasilkan juga semakin besar. Pada penelitian yang dilakukan penulis di DAS Aesesa juga ditemukan bahwa model kerentanan banjir di DAS Aesesa memiliki kerentanan banjir yang tinggi karena klasifikasi tutupan lahan dan kondisi jenis tanah yang memungkinkan terjadinya aliran permukaan yang tinggi dan berakibat pada besarnya debit banjir yang dihasilkan. Penelitian lainnya tentang analisis perubahan bilangan kurva aliran permukaan (*runoff curve number*) terhadap debit banjir di DAS Lesti menunjukkan bahwa oleh karena adanya perubahan penggunaan lahan di DAS Lesti pada tahun 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, dan 2012 mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai CN pada masing-masing tahun tersebut sehingga berakibat pada meningkatnya debit banjir. Pada penelitian tersebut digambarkan bahwa DAS Lesti dengan pengaruh karakteristik DAS, klasifikasi tutupan lahan dan kondisi jenis tanah yang ada memiliki kecenderungan untuk menghasilkan debit banjir yang besar (Ideawati dkk., 2015).

Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Marko dan Zulkarnain (2018), tentang pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan pada DAS Ci Leungsi Hulu (2005–2014) berakibat pada peningkatan nilai CN dari 72,5 menjadi 75,4. Selain itu, penelitian ini juga mendapatkan klasifikasi jenis tanah C dengan potensi menyerap air yang lambat yang berakibat pada peningkatan debit banjir. Hal ini dikarenakan adanya perubahan lahan yang semakin meningkat ke arah permukiman sehingga mengurangi infiltrasi pada DAS tersebut.

Penelitian yang dilakukan penulis pada DAS Aesesa juga menemukan hal yang sama, yaitu akibat adanya nilai CN sebesar 77,77, di mana klasifikasi tutupan lahan didominasi oleh semak belukar, dan kondisi jenis tanah yang didominasi oleh tanah dengan potensi menyerap air yang sangat lambat, berakibat pada besarnya debit banjir yang dihasilkan. Penelitian lainnya dari Listyarini, dkk (2020) tentang mitigasi banjir DAS Citarum Hulu berbasis model HEC-HMS dilakukan dengan *modeling* terhadap beberapa skenario data penggunaan lahan seperti (i) penggunaan lahan berdasarkan pola ruang pada Rencana Tata Ruang Provinsi (RTRWP) Jawa Barat Tahun 2005-2025; (ii) Penerapan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTk-RHL DAS) Wilayah Balai Pengelolaan DAS Citarum-Ciliwung tahun 2015-2029; (iii) Penggunaan lahan dengan menerapkan sistem pengendalian aliran in situ (gabungan RTk-RHL dan optimasi fungsi kawasan resapan air berdasarkan arahan RTRWP Jawa Barat) dan; (iv) Penerapan semua skenario mitigasi banjir (skenario 1, 2, dan 3) secara bersamaan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa skenario keempat diketahui sebagai skenario terbaik dikarenakan pada skenario keempat terjadi peningkatan luasan penggunaan lahan bervegetasi seperti hutan, agroforestry, lahan pertanian serta pembuatan roak dan sumur resapan. Hal ini berakibat pada menurunnya laju air larian atau limpasan permukaan sehingga menurunkan debit banjir pada DAS Citarum Hulu.

Penelitian dari penulis saat ini menggunakan satu data penggunaan lahan saja, yaitu dari data tutupan lahan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup tahun 2018, di mana ditemukan bahwa kerentanan banjir yang terjadi pada DAS Aesesa cukup besar. Oleh karena itu, diperlukan adanya upaya-upaya peningkatan pembuatan kolam retensi, *check dam*, sumur-sumur resapan pada DAS Aesesa sehingga di tahun-tahun mendatang tidak terjadi kerentanan terhadap banjir yang makin tinggi akibat perubahan penggunaan lahan yang semakin mengarah ke permukiman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, besar curah hujan rancangan pada DAS Aesesa yang diperoleh menggunakan *Generalized Extreme Value* (GEV) periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 dan 1000 tahun berturut-turut adalah 62,76 mm, 85,89 mm, 106,14 mm, 139,18 mm, 170,52 mm, 208,90 mm, 256,01 mm, 335,25 mm dan 411,39 mm. DAS Aesesa didominasi oleh tutupan lahan semak belukar dan savana dengan persentase luasan masing-masing sebesar 36,93% dan 34,93%.

Sementara itu, jenis tanah DAS Aesesa didominasi oleh jenis tanah D (potensi menyerap air sangat kurang) dengan persentase sebesar 87,80%. Sehingga nilai curve number untuk DAS Aesesa adalah sebesar 77,77.

Besar debit banjir pada DAS Aesesa yang diperoleh menggunakan Metode HSS SCS-CN adalah periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 dan 1000 tahun berturut-turut adalah 250,10 m³/s, 480,10 m³/s, 691,80 m³/s, 1036,10 m³/s, 1365,90 m³/s, 1759,70 m³/s, 2231,00 m³/s, 3020,90 m³/s dan 3755,30 m³/s. Sementara itu, data debit observasi adalah sebesar 405,19 m³/s, di mana Q_{simulasi} yang berada di bawah $Q_{\text{observasi}}$ hanya pada kala ulang 2 tahun. Selain itu, kala ulang lainnya berada di atas $Q_{\text{observasi}}$.

DAS Aesesa memiliki kerentanan terhadap banjir, di mana hasil perhitungan secara hidraulika dengan tinggi muka air 2,8 m menunjukkan bahwa *runoff* yang terjadi berada di atas debit kala ulang 2 tahun. Selain itu, beberapa laporan media menunjukkan kejadian banjir yang terjadi akibat luapan Sungai Aesesa yang menimbulkan kerugian baik materiil maupun immateriil.

Upaya mitigasi yang perlu dilakukan pada DAS Aesesa salah satunya adalah dengan tetap menjaga kondisi tutupan lahan tetap stabil dan perlu adanya pengelolaan lahan terbuka secara baik sehingga tidak mengakibatkan limpasan permukaan yang tinggi. Kondisi jenis tanah DAS Aesesa dengan potensi menyerap air sangat kurang mengharuskan pemerintah daerah di sekitar DAS Aesesa perlu memperbanyak pembangunan bangunan air yang dapat berfungsi sebagai pengendali banjir seperti embung, bendungan dan kolam retensi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan pembiayaan dalam skema penelitian tesis pada Tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedi-Koupai, J., Dorafshan, M., Javadi, A., & Ostad-Ali-Askari, K. (2022). Estimating potential reference evapotranspiration using time series models (case study: synoptic station of Tabriz in northwestern Iran). *Appl Water Sci*.
- Affandy, N. A., & Anwar, N. (2008). *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan HEC-HMS di DAS Sampean Baru*. Surabaya: Intitut Teknologi Surabaya.
- Aich, V., Koné, B., Hattermann, F. F., & Paton, E. N. (2016). Time series analysis of floods across the Niger River Basin. *Water (Switzerland)* 8, 1-19.
- Al-Juaidi, A. E., & Aliawi, A. S. (2026). Assessing SCS-CN and its revised models for Wadi runoff estimation

- in data-scarce Kuwait catchments. *Arabian Journal of Geosciences*, 1-19.
- Balai Bendungan, K. P. (2019). *Bimbingan Teknik Perhitungan Debit Banjir pada Keterbatasan Data Curah Hujan Satelit*. Palembang: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Berbesi-Prieto, L., & Escalante-Sandoval, S. (2025). Flood Frequency Analysis Using the Bivariate Logistic Model with Non-Stationary Gumbel and GEV Marginals. *Hydrology* 12 (11), 274.
- El-Hames, A. S. (2012). An empirical method for peak discharge prediction in ungauged arid and semi-arid region catchments based on morphological parameters and SCS curve number. *J Hydrol*, 94-100.
- Firdaus, F., Sujatmoko, B., & Sutikno, S. (2015). <https://www.neliti.com>. Diambil kembali dari <https://www.neliti.com/publications/202180/analisis-pengaruh-perubahan-penggunaan-lahan-terhadap-debit-banjir-di-sub-das-ka>: <https://www.neliti.com/publications/202180/analisis-pengaruh-perubahan-penggunaan-lahan-terhadap-debit-banjir->
- Gnjato, S., Leščešen, I., Popov, T., & Trbić, G. (2025). Comprehensive flood frequency analysis of major Sava River affluents in Bosnia and Herzegovina: risks, and implications for water resources management. *Quarterly Journal of the HungaroMet Hungarian Meteorological Service* 129 (2), 161-175.
- Harto, S. (2000). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.
- Houteta, D. K., Tall, M., Nonki, R. M., Patel, M., Sylla, M. B., Djaman, K., . . . Hewitson, B. (2025). Flood frequency and amplitude analysis under changing climate scenarios in the Mono River Basin, West Africa. *Sustainable Water Resources Management* 11, 47.
- Ideawati, L. F., Limantara, L. M., & Andayawati, U. (2015). Analisis Perubahan Bilangan Kurva Aliran Permukaan (Runoff Curve Number) Terhadap Debit Banjir di DAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*, 37-45.
- Krisnayanti, D. S., Davianto, F. B., Hepy, F. M., & Legono, D. (2020). Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) dengan Data Pos Hujan pada DAS Temef di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal sumber Daya Air*, 51-62.
- Listyarini, D., Hidayat, Y., & Tjahjono, B. (2018). Flood Mitigation of Upper Citarum Base on HEC-HMS Model: Mitigasi Banjir DAS Citarum Hulu Berbasis Model HEC-HMS. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 40-48.
- Marko, K., & Zulkarnain, F. (2018). Pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 26-37.
- MN, S. (2003). Spatially distributed hydrological modeling considering land-use changes using remote sensing and GIS. *Map Asia Conference*.
- Orfa, L. E., & Samad, A. (2019). Kajian Penggunaan Data TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Untuk Anaisis Hidrologi (Studi Kasus pada Bendungan Lolak Kab. Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara). *Seminar Teknologi dan Rekayasa* (hal. 34-39). SENTRA.
- Partarini, N. M., Suhartanto, E., & Harisuseno, D. (2019). Validasi Data Curah Hujan TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) sebagai Alternatif Data Hidrologi di Sub DAS Lesti. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 21.
- Patria, N. Y., Suhartanto, E., & Susilo, G. E. (2019). Permodelan Hubungan antara Hujan dengan Debit (Inflow) pada Waduk Way Rarem dengan Menggunakan Data Curah Hujan TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 53.
- Senjaya, T., Yudianto, D., Yuebo, X., & Adidarma, W. K. (2020). pplication of TRMM in the Hydrological Analysis of Upper BengawanSolo River Basin. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 309-317.
- Sergiy, S., & Shevchenko, O. (2026). Mon2026_055 Monitoring, analysis, and modeling of extreme floods on the Uzh River under climate change conditions. *XIX International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*. Kyiv, Ukraine.
- Soulis, K. X. (2021). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method: Current applications, remaining challenges, and future Perspectives. *Water*, 192.
- Sutikno, S., Handayani, Y. L., & Fauzi, M. (2017). Hidrologic Modelling using TRMM-based rainfall products for Flood Analysis. *MATEC Web of Conferences* (hal. 1-5). EDP Sciences.
- Verma, S., Mishra, S. K., & Verma, R. K. (2020). Improved runoff curve numbers for a large number of watersheds of the USA. *Hydrol Sci J*, 2658-2668.
- Vivekanandan, N. (2025). Effect of data length on estimation of peak flood discharge using L-moments of five probability distributions. *Natural Hazards* 121, 19097 - 19116.