

Potensi Penurunan Debit Banjir di Sungai Sepaku Akibat Pembangunan Bendungan Sepaku Semoi

Rossana Margaret Kadar Yanti¹

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

E-mail: rossa.margareth@lecturer.itk.ac.id

Andi Patriadi²

Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya

E-mail: andipatriadi@untag-sby.ac.id

Novilanny Appleangeline Rompis³

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

E-mail: vilanrompis11@gmail.com

Muhammad Fajrin Wahab⁴

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

E-mail: fajrin.wahab@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Tingginya curah hujan merupakan salah satu faktor penyebab banjir di Sungai Sepaku. Besarnya limpasan akibat hujan seringkali mengakibatkan rumah warga dan fasilitas umum terendam banjir. Penyebab banjir lainnya adalah kurang optimalnya sistem drainase terpadu dan rendahnya daerah resapan air. Untuk mengatasi permasalahan banjir ini, Pemerintah membuat sistem pengendalian banjir sekaligus penyediaan kebutuhan air baku dengan membangun bendungan di wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara, yang terletak di Kecamatan Sepaku. Untuk mengetahui pengaruh dari pembangunan bendungan, maka dilakukan penelitian dengan tujuan mendapatkan nilai reduksi debit banjir akibat terbangunnya Bendungan Sepaku Semoi. Metode analisis yang digunakan ialah analisis hidrologi dengan menggunakan data hidrologi lapangan 10 tahun terakhir, analisis tutupan lahan dan jenis tanah, dan analisis debit banjir menggunakan program bantu. Tahapan selanjutnya yaitu analisis tinggi muka air banjir dan luas genangan menggunakan program bantu. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa bendungan Sepaku Semoi mampu mereduksi debit banjir sebesar 48,450%, mengurangi tinggi banjir hingga 0,45 m dan mengurangi volume serta genangan sebesar 5,080.8 m³ dan 9.144 ha.

Kata kunci: Banjir, Bendungan sepaku semoi, Debit, Genangan, Pengendalian banjir.

Abstract

Heavy rain frequently caused flooding in the homes of residents and public facilities. The reason for flooding in this area is the need for more drainage systems and low water retention capacity. To address this issue, the government has planned to construct a dam that will help control flooding and increase the supply of raw water in the Penajam Paser Utara district, particularly in the Sepaku district. Research has been conducted to reduce flood discharge from the Sepaku Semoi Dam. This study analyzed the maximum daily rainfall data from the past decade, along with land cover and soil types. The flood release was also analyzed using program modeling, and the results were validated. The next step involves analysis of the high surface area of flood water and the dam's area using the program with 2D modeling. The modeling indicates that the Sepaku Semoi Dam reduces

flood discharge, height, and volume. The research shows that the Sepaku Semoi dam has been effective in reducing flood discharge by 48.450%, lowering the flood level to 0.45 m, and decreasing the volume of sludge by 5.080.8 m³ and the affected area by 9.144 ha.

Keywords: *Flood, The Semoi Sepaku Dam, Discharge, Flooded Area, Flood Control.*

1. PENDAHULUAN

Banjir dianggap sebagai suatu bencana alam yang memiliki risiko bahaya tinggi (Quirogaa et al., 2016). Banjir seringkali disebabkan oleh berkurangnya daerah hijau dan meningkatnya kawasan terbangun (Adya Ariska et al., 2020; Farid et al., 2022; Kadaryanti et al., 2021). Selain perubahan tata guna lahan, banjir juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor meliputi intensitas hujan yang tinggi, kerusakan pada sistem retensi air di Daerah Aliran Sungai (DAS), serta peningkatan volume aliran air yang mengakibatkan kenaikan permukaan air di sungai (Anandhita & Hambali, 2015). Beberapa tahun belakang ini, Provinsi Kalimantan Timur memiliki kerawanan banjir yang sangat tinggi, tak terkecuali Kabupaten Penajam Paser Utara. Pada tahun 2020 terdapat 12 kelurahan di dua Desa yang mengalami banjir (BPBD Penajam Paser Utara, 2020).

Banjir di Kabupaten Penajam Paser Utara khususnya di DAS Sepaku dipengaruhi oleh kondisi eksisting wilayah studi. Faktor penyebab banjir yang utama di daerah ini adalah curah hujan yang tinggi, menurut data BMKG Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian, daerah tersebut memiliki rata - rata curah hujan sebesar 300 mm dan didukung oleh perubahan tata guna lahan dibagian hulu. DAS Sepaku memiliki tutupan lahan yang didominasi oleh daerah resapan air yang kecil dan kurang optimalnya sistem drainase dalam menyalurkan air mengakibatkan masih banyaknya daerah yang tergenang banjir. Tingginya curah hujan dan perubahan tutupan lahan mengakibatkan limpasan besar yang mengakibatkan meluapnya saluran drainase sehingga berdampak pada terendamnya 296 rumah warga dan fasilitas umum akibat banjir (BPBD Penajam Paser Utara, 2020). Banjir yang terjadi pada kawasan hilir Sungai Sepaku membuat aktivitas masyarakat di wilayah Desa Sukaraja dan Kelurahan Mentawir menjadi terhambat.

Pemerintah melakukan beberapa upaya untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi di DAS Sepaku, salah satunya dengan membangun sistem pengendalian banjir. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat membangun bendungan yang berfungsi sebagai pengendali banjir dan peningkatan kebutuhan air baku, yaitu bendungan Sepaku Semoi yang terletak di Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara dengan peta lokasi pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi bendungan Sepaku Semoi
Sumber: Penulis, 2023

Bendungan ini direncanakan dibangun di DAS Sepaku yang memiliki luas daerah tangkapan sebesar $\pm 63,16 \text{ km}^2$ dari luas keseluruhan DAS Sepaku (Laporan Akhir Perencana Bendungan Sepaku Semoi, 2019). Bendungan Sepaku Semoi ini memiliki berbagai macam fungsi dan manfaat, salah satunya untuk mereduksi banjir yang terjadi akibat luapan Sungai Sepaku.

Terbangunnya Bendungan tentu berakibat pada pengurangan banjir yang mengalir Sungai (Lahamendu et al., 2019). Dengan adanya bendungan ini perlu diketahui besaran penurunan debit dan luasan limpasan pada wilayah hilir Sungai Sepaku guna mitigasi awal banjir di wilayah Desa Sukaraja dan Kelurahan Mentawir. Berdasarkan pembahasan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh Bendungan Sepaku Semoi terhadap besarnya reduksi banjir yang terjadi di Sungai Sepaku. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis perubahan tutupan lahan akibat pembangunan bendungan, peningkatan debit banjir yang terjadi dan dampaknya terhadap proyeksi kedalaman dan luas banjir. Dari hasil penelitian ini akan diperoleh informasi terkait besar reduksi banjir meliputi debit banjir, kedalaman dan luasan genangan dengan adanya bendungan, serta dapat menjadi gambaran bagi Pemerintah untuk melakukan evaluasi dan mitigasi banjir secara lebih komprehensif.

2. METODE PENELITIAN

Dilakukan beberapa tahapan guna memperoleh tujuan dari penelitian. Tahapan tersebut meliputi:

1. Analisis Hidrologi

Dalam analisis ini, dilakukan perhitungan hujan rencana dari data hidrologi selama 10 tahun terakhir.

2. Delineasi Batas DAS

Dalam analisis ini dilakukan pembuatan batas DAS ini menggunakan program untuk memperoleh bentuk DAS secara keseluruhan.

3. Analisis Jenis Tata Guna Lahan

Dalam analisis ini jenis tutupan lahan yang ada di wilayah DAS Sepaku diklasifikasikan berdasarkan bilangan angka Curve Number (CN) dan atribut peta jenis tanah disesuaikan berdasarkan 4 kelompok Hidrologi sesuai Hydrologic Soil Group (HSG).

4. Analisis Debit Banjir

Analisis debit banjir dilakukan pada dua kondisi yaitu saat kondisi sebelum dan sesudah adanya Bendungan Sepaku Semoi. Analisis debit banjir dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-HMS yang divalidasi dengan data primer.

5. Analisis Luas Genangan Banjir

Analisis luas genangan menggunakan program bantu HEC – RAS 2D untuk memperoleh luas daerah genangan yang terdampak dari banjir dan juga perbedaan ketinggian muka air banjir sebelum maupun sesudah adanya Bendungan Sepaku Semoi.

6. Analisis Debit Banjir yang Tereduksi

Analisis ini dilakukan dengan menghitung selisih debit banjir sebelum dan sesudah adanya bendungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Analisis ini menggunakan metode Aritmatika dikarenakan terdapat dua stasiun hujan yang digunakan yaitu Stasiun hujan Balikpapan dan Stasiun hujan Samboja. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung hujan rerata dari dua stasiun dalam waktu yang bersamaan, dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{P_1 + P_2}{n} \quad (1)$$

Dimana:

P = curah hujan rata – rata (mm/bulan)

P₁ = curah hujan ke – 1 (mm/bulan)

P₂ = curah hujan ke – 2 (mm/bulan)

n = jumlah stasiun hujan

3.2 Analisis Curah Hujan Periode Ulang

Analisis periode hujan periode ulang digunakan untuk memperoleh pola curah hujan berulang dalam suatu wilayah selama periode waktu tertentu (Harjono & Widhiastuti, 2019). Hasil dari analisis ini digunakan untuk mendapatkan besaran nilai debit banjir yang mengalir di DAS Sepaku pada kondisi sebelum dan setelah bendungan terbangun pada periode waktu tertentu. Dalam penelitian ini digunakan analisis periode ulang 50 tahun untuk pengendalian banjir di sungai. Perhitungan curah hujan rencana digunakan persamaan Normal dan *Log Pearson Type III*. Kedua metode tersebut digunakan karna telah memenuhi persyaratan nilai koefisien kemencengan dan koefisien kurtosis yang ditentukan dalam (SNI 2415:2016, 2016), sebagai berikut.

Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \times Sd \quad (2)$$

Dimana:

X_t = Curah hujan rancangan untuk periode ulang ke T tahun (mm)

μ = rata – rata curah hujan

Sd = Standar deviasi

K_t = Faktor frekuensi

a. *Log Pearson Type III*

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \times Sd \quad (3)$$

Dimana:

$\log \bar{X}$ = Nilai rata – rata curah hujan (mm)

Sd = Standar deviasi

K = Faktor distribusi *Log Pearson Type III*

Berdasarkan rumus (2) dan (3), diperoleh hasil perhitungan curah hujan periode ulang 50 tahun dengan metode normal sebesar 171.88 mm. Untuk hasil perhitungan curah hujan dengan metode *Log Pearson Type III* sebesar 179.46 mm. Berdasarkan dua hasil dari dua distribusi yang diperoleh, digunakan nilai terbesar karena dianggap mewakili kondisi paling buruk dari segi limpasan curah hujan yang terjadi pada periode waktu tertentu (Beven, 2012). Digunakan perhitungan periode ulang dengan rumus distribusi *Log Pearson Type III* dan didapatkan nilai sebesar **179.44 mm**.

3.3 Analisis Hujan Jam-Jaman

Analisis hujan jam-jaman dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih detail tentang hujan dalam interval waktu yang pendek (Rahmani et al., 2016). Metode ini digunakan dalam hidrologi dan manajemen banjir untuk memahami hujan intens dalam waktu singkat yang dapat menyebabkan banjir dengan waktu konsentrasi yang rendah (banjir bandang). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis distribusi jam – jaman dengan menghitung intensitas curah hujan menggunakan metode mononobe dengan nilai durasi curah hujan (t) menggunakan jam ke-1 sampai dengan jam ke-6. Hal ini didasarkan dari laporan akhir departemen pekerjaan umum bahwa lamanya hujan terpusat di Indonesia sendiri biasanya tidak lebih dari tujuh jam. Maka diambil asumsi selama 6 jam dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T}\right)^{2/3} \quad (4)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = Lamanya curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam waktu sehari atau 24 jam (mm) waktu sehari atau 24 jam (mm)

Dari persamaan (4), didapatkan tabel rekapitulasi intensitas curah hujan dengan periode ulang 50 tahun yang disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Periode Ulang

T(jam)	R ₂₄ (mm/jam)
	R ₅₀ (mm/jam)
	179.435
1	62.869
2	39.514
3	30.114
4	24.835
5	21.386
6	18.927
Jumlah	197.644

Sumber: Penulis, 2023.

Tabel 2 menyajikan nilai intensitas hujan dengan periode ulang 50 tahun dengan nilai terbesar pada jam pertama yaitu sebesar 62.87 mm/jam dan nilai terendah pada jam ke-6 yaitu sebesar 18.93 mm/jam. Nilai intensitas curah hujan tersebut kemudian diubah menjadi *Alternating Block Method* agar didapatkan hidrograf curah hujan dalam model HEC-HMS. *Alternating Block Method* merupakan metode yang digunakan untuk memodelkan fluktuasi dalam pola hujan dan aliran sungai selama periode analisis, memungkinkan untuk prediksi yang lebih baik dalam analisis hidrologi (Umer et al., 2022). *Alternating Block Method* dianalisis dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_d = I_i \times \Delta t \quad (5)$$

Dimana:

T_d = Kumulatif curah hujan (mm)

I_i = Nilai intensitas curah hujan (mm/jam)

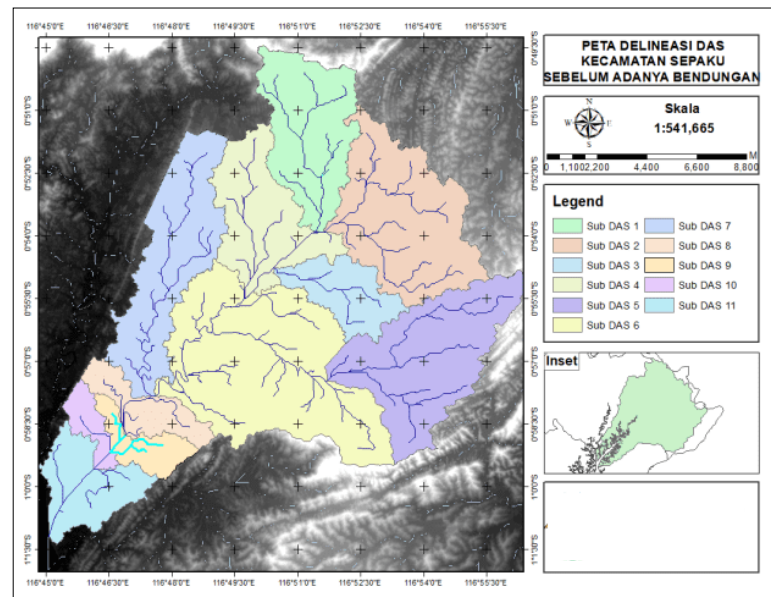
Δt = Durasi waktu (jam)

Berdasarkan rumus (5) tersebut didapatkan nilai incremental curah hujan yang terjadi selama 6 jam. Hasil nilai ini diambil nilai yang paling maksimum, kemudian nilai maksimum tersebut diletakkan ditengah durasi hujan dan nilai lainnya diurutkan menurun secara bolak balik pada atas dan bawah dari blok tengah [11]. Nilai hujan jam-jaman tertinggi (maksimum) berada pada jam pertama sebesar 62.869 mm dan nilai terendah (minimum) berada pada jam keenam sebesar 18.937 mm.

3.4 Delineasi Sub DAS

Delineasi Sub DAS ini digunakan untuk penentuan batas wilayah DAS Sepaku dengan menggunakan program bantu aplikasi *ArcGIS – ArcMap*. Proses delineasi Sub DAS ini bertujuan untuk memperoleh gambaran terkait luas Daerah Aliran Sungai (DAS) (Priambodo & Kamis, 2019). Dalam menentukan batas DAS menggunakan beberapa data DEM yang didapatkan situs resmi Pemerintah Indonesia Geospasial. Tahapan dalam delineasi DAS dimulai dengan menentukan arah aliran (*flow direction*), lalu mengakumulasi aliran (*flow accumulation*) dan mendefinisikan jaringan sungai. Tahap selanjutnya ialah menentukan *outlet* sungai dengan cara menandai di salah satu titik yang

mewakili seluruh alur sungai sebagai batas hilir dari DAS Sepaku. Didapatkan hasil delineasi batas DAS dan alur sungai Sepaku (Gambar 2).



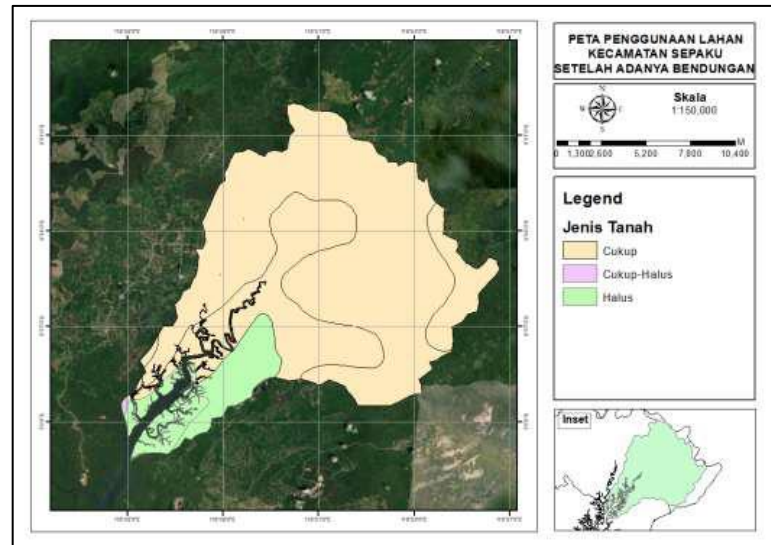
Gambar 2. Peta Sub DAS Sepaku
Sumber: Penulis, 2023.

Dari gambar 2 diketahui bahwa DAS Sepaku memiliki 11 sub-sub DAS dengan luas total sebesar 242.34 km².

3.5 Analisis Parameter Model

3.5.1 Analisis Jenis dan Tipe Tanah

Penentuan jenis dan kelompok tanah didasarkan pada peta jenis tanah yang ada di DAS Sepaku dan disesuaikan dengan karakteristik grup tanah. Penentuan jenis tanah dilakukan dengan cara memasukkan peta jenis tanah Kabupaten Penajam Paser Utara ke dalam program bantu Arc – GIS dan dioverlaykan menjadi satu dengan peta DAS Sepaku. Setelah tekstur tanah diketahui, selanjutnya ditentukan jenis kelompok tanah dengan melihat ciri – ciri tekstur tanah yang telah dikelompokkan menjadi 4 kelompok *HSG*. Gambar 3 menunjukkan DAS Sepaku memiliki jenis tanah dengan tekstur sedang sampai halus. Dengan jenis dan tekstur tersebut, dapat disimpulkan bahwa jenis tanah DAS Sepaku termasuk dalam kelompok C yang memiliki potensi limpasan agak tinggi dan laju infiltrasi rendah, terlebih jika tanah tersebut dalam kondisi sepenuhnya basah.



Gambar 3. Peta Jenis Tanah DAS Sepaku
Sumber: Penulis, 2023.

3.5.2 Analisis Curve Number dan Impervious

Analisis debit banjir dalam penelitian ini dilakukan dengan program bantu HEC-HMS. Dalam analisisnya, dimodelkan basin memiliki parameter *Sub-Basin Loss Method*. Parameter *Sub-Basin Loss Method* merupakan parameter yang berfungsi untuk menghitung limpasan yang terjadi diakibatkan oleh hujan yang mengalir di atas permukaan tanah (hujan efektif). Dalam penelitian ini juga digunakan metode SCS CN yang mempunyai parameter berupa CN (daya serap air) dan juga *impervious* (daya kedap air). Kondisi ini berarti, seluruh limpasan yang mengalir ke sungai sudah dikurangi dengan proses infiltrasi dan evaporasi. Penentuan parameter nilai CN dan *impervious* ini digunakan persamaan sebagai berikut (US Army Hydrologic Engineering Center, 2000).

$$CN_{composite} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{\sum A_i} \quad (6)$$

$$Imp_{composite} = \frac{\sum A_i \times Imp_i}{\sum A_i} \quad (7)$$

Dimana:

$CN_{composite}$ = Nilai penggunaan lahan komposit

CN = Bilangan Curve Number

A = Luas DAS (km²)

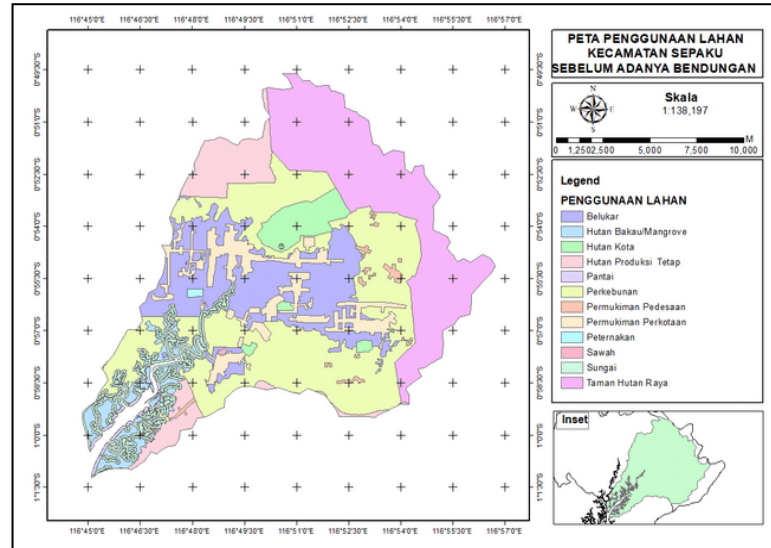
$Imp_{composite}$ = Nilai penggunaan lahan kedap air komposit

Imp = Bilangan *impervious*

Dari perumusan (6) dan (7), dilakukan dua analisis dengan dua kondisi tutupan lahan yang berbeda. Kondisi pertama yaitu saat sebelum terbangunnya Bendungan Sepaku Semoi, dilakukan analisis dengan peta tutupan lahan pada tahun 2016 dan peta tutupan lahan 2021 merupakan analisis kondisi kedua dimana Bendungan Sepaku Semoi telah terbangun. Analisis secara lebih detail diuraikan sebagai berikut.

1. Analisis Tata Guna Lahan Sebelum Adanya Bendungan

Dalam analisis ini digunakan peta tata guna lahan sebelum adanya bendungan (peta tutupan lahan tahun 2016) yang di plotkan ke dalam Arc-GIS yang disajikan pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Sebelum Adanya Bendungan
Sumber: Penulis, 2023.

Gambar 2 merupakan penggunaan lahan yang terjadi sebelum adanya bendungan, dari peta ini kemudian dianalisis besarnya nilai *CN* dan *impervious* pada masing-masing Sub DAS yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai *CN* dan *Impervious* Sebelum Adanya Bendungan

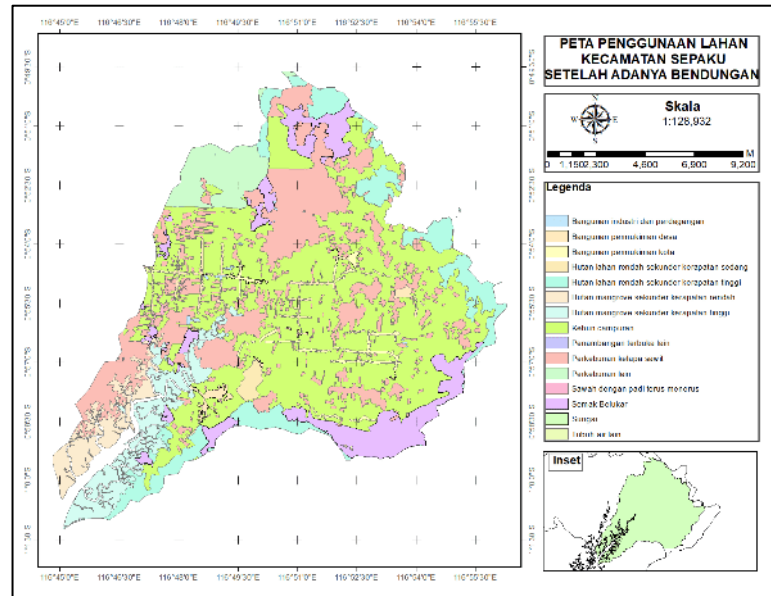
Kode Sub DAS	Luasan (km ²)	CN	% <i>Impervious</i>
Sub DAS 1	22.972	74.022	0.000
Sub DAS 2	34.426	74.300	2.294
Sub DAS 3	11.454	72.006	15.600
Sub DAS 4	21.888	73.300	6.280
Sub DAS 5	33.554	75.360	7.294
Sub DAS 6	52.052	71.862	13.447
Sub DAS 7	27.633	68.426	11.373
Sub DAS 8	7.958	56.644	1.506
Sub DAS 9	6.264	51.565	13.519
Sub DAS 10	3.365	51.637	0.000
Sub DAS 11	10.436	38.530	0.215

Sumber: Penulis, 2023.

Berdasarkan tabel 2 diatas, didapatkan nilai *CN* yang merupakan nilai daya serap air dan *impervious* yang merupakan nilai daya kedap air, untuk masing – masing sub DAS saat kondisi sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi yang digunakan sebagai inputan *Sub-Basin Loss Method* pada HEC – HMS.

2. Analisis Peta Tata Guna Lahan Sesudah Adanya Bendungan

Dalam analisis ini digunakan peta tata guna lahan sesudah adanya bendungan (peta tutupan lahan tahun 2021) yang di plotkan ke dalam Arc-GIS yang disajikan pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Sesudah Adanya Bendungan
Sumber: Penulis, 2023.

Gambar 5 merupakan penggunaan lahan yang terjadi sebelum adanya bendungan, dari peta ini kemudian dianalisis besarnya nilai *CN* dan *impervious* pada masing-masing Sub DAS yang disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai *CN* dan *Impervious* Sesudah Adanya Bendungan

Kode Sub DAS	Luasan (km ²)	CN	% <i>Impervious</i>
Sub DAS 1	22,678	73,338	0.025
Sub DAS 2	28,449	75,250	2.352
Sub DAS 3	5,915	76,823	10.493
Sub DAS 4	0,428	75,359	4.647
Sub DAS 5	32,458	74,051	2.765
Sub DAS 6	51,885	74,584	9.784
Sub DAS 7	28,402	76,266	2.538
Sub DAS 8	5,428	76,012	0.105
Sub DAS 9	6,668	75,245	0.373
Sub DAS 10	3,337	76,160	0.000
Sub DAS 11	10,355	74,530	0.000

Sumber: Penulis, 2023.

Dari tabel 3 diperoleh informasi nilai *CN* dan *impervious* setelah adanya bendungan. Terdapat perbedaan dalam tutupan lahan antara sebelum dan setelah Bendungan Sepaku Semoi dibangun tampaknya tidak begitu signifikan ketika hanya mempertimbangkan luasnya. Namun, yang menjadi perhatian adalah bahwa perubahan tutupan lahan dapat

berakibat pada pengurangan daerah resapan air karena peningkatan lahan terbangunan. Dampaknya adalah munculnya risiko banjir di wilayah sekitar DAS Sepaku. Dimana sebagian air hujan yang mengalir ke permukaan lahan akan masuk menuju sungai Sepaku dan mengakibatkan meningkatnya debit aliran yang ada pada hilir sungai.

3. Analisis Time Lag

Perhitungan *Time Lag* ini digunakan sebagai data masukan pada model HEC HMS (*Sub-Basin Tranfrom Method*). Dalam penelitian ini digunakan metode *SCS Unit Hydrograph*, sehingga memperhitungkan nilai *Time Lag* dengan satuan menit. Dimana *Time Lag* merupakan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh lahan ke sungai, dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_c = \frac{L^{0.8}(S+10)^{0.7}}{1900.y^{0.5}} \quad (8)$$

$$T_{lag} = 0.6 \times T_c \quad (9)$$

Dimana:

T_c = Waktu Konsentrasi (jam)

T_{lag} = Waktu Tenggang (menit)

L = Panjang sungai

y = Kemiringan rata – rata sungai

S = Nilai retensi maksimum yang didapatkan dari persamaan sebagai berikut.

$$S = \frac{1000-10.CN}{CN} \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan (8), (9), dan (10) diperoleh nilai *Time lag* di DAS Sepaku sebesar 72.154 menit hingga 505.574 menit saat kondisi sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi, sedangkan saat kondisis sesudah adanya Bendungan Sepaku Semoi alirannya cenderung melambat menjadi 54.97 menit hingga 492.59 menit.

3.6 Kalibrasi Model

Analisis kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan model simulasi HEC – HMS mendekati dengan kondisi lapangan. Apabila hasil simulasi yang diperoleh tidak sesuai dengan kondisi lapangan, maka harus disesuaikan dengan kondisi aslinya hingga hasil simulasi mendekati dengan hasil di lapangan dengan cara mengubah parameter (Pratama et al., 2021). Parameter yang diubah dalam proses kalibrasi ini yaitu nilai *initial abstraction*, *lag time*, *muskigum k* dan x . Kalibrasi model pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data debit harian pada tanggal 2 November 2020 sesuai dengan data yang tersedia di lapangan. Berdasarkan survei lapangan pada bulan November 2020 diperoleh nilai debit sungai sebesar 37.96 m³/det. Untuk lokasi pecatatan tinggi muka air berada di outlet sub DAS bagian hilir DAS, sehingga optimasi model dilakukan pada segmen sub DAS dan sungai dari hulu hingga hilir aliran Sungai Sepaku yaitu pada Sub DAS 1 sampai dengan Sub DAS 11 sebagai periode kalibrasi model. Hasil pemodelan divalidasi dengan mengacu pada *classification of goodnees of fit* yang mengindikasi nilai NSE sebesar 0,833 dan untuk parameter RMSE Std Dev sebesar 0.4. Nilai NSE dan

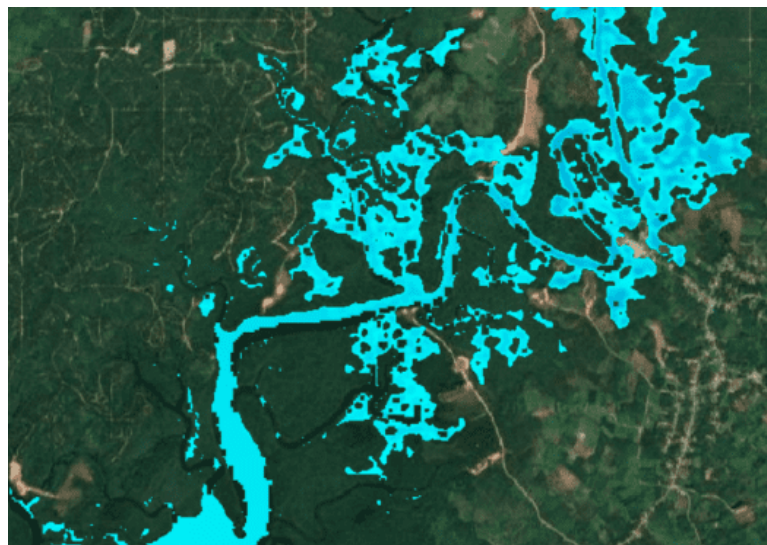
RMSE mengindikasikan bahwa model masuk dalam kategori “Sangat Baik”, dikarenakan nilai NSE yang didapatkan <1 dan $>0,5$ serta nilai RMSE Std Dev yang didapatkan $<0,7$ (Motovilov et al., 1999). Untuk parameter *Percent Bias* (PBIAS) diperoleh sebesar 20.65 %, kondisi ini diklasifikasikan dalam kategori “Memuaskan”, dikarenakan nilai PBIAS yang didapatkan <30 % dan >15 %, sehingga nilai parameter ini juga dapat dianggap mendekati dengan kondisi di lapangan (Moriassi et al., 2015).

3.7 Analisis Debit Banjir

a. Analisis Debit Banjir Sebelum Adanya Bendungan

Pada tahap ini dimodelkan skema DAS Sepaku pada *basin model* untuk penggambaran DAS yang terdiri dari 11 sub DAS dan 18 *reach*. Parameter yang dipakai dalam pemodelan ini ialah Nilai Distribusi hujan jam-jaman, Luas DAS, *CN*, *Impervious*, *Time Lag* masing-masing sub DAS, dan nilai penelusuran banjir yaitu *k* dan *X*. Analisis ini didapatkan setelah dilakukan kalibrasi dan validasi pada model sesuai dengan kondisi lapangan. Dalam analisis ini digunakan metode SCS-CN yang didasarkan pada kesetimbangan air dengan menggunakan parameter hujan dan *initial loss* (nilai kehilangan awal), serta mengembangkan parameter *CN* yang diasumsikan dari berbagai faktor yaitu jenis tanah dan tutupan lahan untuk menghitung total limpasan curah hujan. Dari analisis didapatkan hasil besaran debit banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi di hilir Sungai Sepaku dengan tidak memperhitungkan *baseflow* pada periode ulang 50 tahun sebesar $387.20 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan volume sebesar 14457.80 m^3 .

Tahapan selanjutnya dilakukan pemodelan genangan banjir pada Sungai Sepaku dengan menggunakan program bantu HEC-RAS. Analisis ini disimulasikan dengan menggunakan pemodelan 2D agar mendapat besarnya luasan genangan banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi. Untuk pemodelan genangan banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi disajikan pada gambar 5 berikut.



Gambar 6. Pemodelan Genangan banjir Sebelum Adanya Bendungan
Sumber: Penulis, 2023.

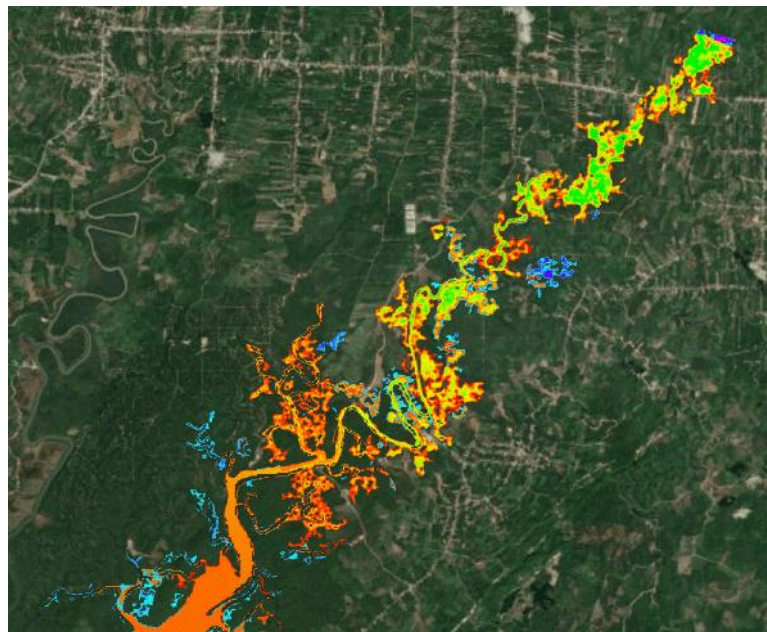
Gambar 6 merupakan peta luas genangan banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi di bagian hilir Sungai Sepaku dengan periode ulang 50 tahun. Luasan genangan banjir sebesar 822.101 ha dan ketinggian muka air banjir sebesar 1.84 m.

b. Analisis Debit Banjir Setelah Adanya Bendungan

Digunakan program bantu HEC-HMS untuk analisis debit banjir setelah adanya bendungan. Pada tahap ini dimodelkan skema DAS Sepaku pada *basin model* untuk penggambaran DAS dengan nilai debit banjir yang ditinjau ialah pada bagian hilir Sungai Sepaku. DAS Sepaku terdiri dari 11 sub DAS, 18 *reach*, dan 1 waduk eksisting.

Parameter yang digunakan dalam pemodelan ini sama seperti parameter yang digunakan pada saat analisis debit banjir sebelum adanya bendungan, hanya saja ditambahkan parameter data teknis Bendungan Sepaku Semoi dan tidak perlu dilakukan kalibrasi dan validasi terlebih dahulu. Dalam analisis ini digunakan metode SCS-CN yang merupakan metode keseimbangan air dengan menggunakan parameter hujan dan *initial loss* (nilai kehilangan awal), serta mengembangkan parameter *CN* yang diasumsikan dari berbagai faktor yaitu jenis tanah dan tutupan lahan guna mendapatkan besarnya nilai limpasan, dari hasil ini diperoleh debit banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi di hilir Sungai Sepaku dengan tidak memperhitungkan besarnya *baseflow* pada periode ulang 50 tahun sebesar 199, 600 m³/dt dengan volume sebesar 9377.000 m³

Tahapan selanjutnya dilakukan pemodelan genangan banjir dengan menggunakan program bantu pada Sungai Sepaku. Dilakukan simulasi dengan menggunakan pemodelan 2D HEC-RAS agar mendapat besarnya luasan genangan banjir sesudah adanya Bendungan Sepaku Semoi. Untuk pemodelan genangan banjir sebelum dan sesudah adanya Bendungan Sepaku Semoi disajikan pada gambar 6 Berikut.



Gambar 7. Pemodelan Genangan banjir Sebelum dan Sesudah Adanya Bendungan
Sumber: Penulis, 2023.

Gambar 7 merupakan luas genangan banjir setelah adanya Bendungan Sepaku Semoi yang ditandai dengan warna jingga kehijauan dan untuk luas genangan banjir sebelum adanya Bendungan Sepaku Semoi yang ditandai dengan warna biru kehijauan. Pada bagian hilir Sungai Sepaku setelah adanya bendungan dengan periode ulang 50 tahun terdapat genangan sebesar 812.957 ha dan ketinggian muka air banjir sebesar 1,39 m.

c. Analisis Reduksi Debit Banjir DAS Sepaku

Analisis debit banjir yang tereduksi merupakan nilai selisih debit banjir sebelum adanya bendungan dengan debit banjir setelah adanya bendungan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak terbangunnya bendungan terhadap pengurangan banjir. Besaran nilai selisih debit banjir pada saat sebelum adanya bendungan dan setelah terbangunnya bendungan pada periode ulang 50 tahun adalah $187.60 \text{ m}^3/\text{det}$, sehingga didapatkan debit banjir yang tereduksi akibat adanya pembangunan Bendungan Sepaku Semoi sebesar 48.45%.

4. KESIMPULAN

Terbangunnya Bendungan Sepaku Semoi berakibat pada pengurangan banjir yang di Sungai Sepaku bagian hilir. Hal ini ditunjukkan dengan pengurangan debit banjir sebesar $187.60 \text{ m}^3/\text{det}$ atau tereduksi setara dengan 48.45% dari kondisi eksisting. Pembangunan Bendungan Sepaku Semoi juga berhasil mengurangi tinggi banjir sebesar 0.45 meter, dan mengurangi volume banjir sebanyak $5,080.8 \text{ m}^3$. Selain itu, pembangunan bendungan juga mengurangi luas genangan sebesar 9.144 hektar.

5. REFERENSI

- Adya Ariska, G., Lilis Handayani, Y., & Sujatmoko, B. (2020). Analisis Hidrologi Model Soil Moisture Accounting Menggunakan Program HEC-HMS (Studi Kasus : DAS Rokan AWLR Pasir Pangaraian). *Jurnal Saintis*, 20(01), 11–18. [https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20\(01\).4753](https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(01).4753)
- Anandhita, T., & Hambali, R. (2015). Analisis Pengaruh Back Water (Air Balik) Terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 3(2), 131–141.
- Beven, K. (2012). Rainfall-Runoff Modelling. In *Rainfall-Runoff Modelling*. <https://doi.org/10.1002/9781119951001>
- Farid, M., Pratama, M. I., Kuntoro, A. A., Adityawan, M. B., Rohmat, F. I. W., & Moe, I. R. (2022). Flood Prediction due to Land Cover Change in the Ciliwung River Basin. *International Journal of Technology*, 13(2), 356–366. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i2.4662>
- Harjono, H., & Widhiastuti, Y. (2019). Analisa Hidrologi dan Hidrolika Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Pacal Bojonegoro. *Rekayasa Sipil*, 13(1), 16–23. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.01.3>
- Kadaryanti, R. M., Dewanti, A. N., & Ghozali, A. (2021). Analysis of the effect of land use on flood height in Balikpapan city (case study: Posindo sub-basin). *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012035.
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1087/1/012035>
- Lahamendu, V. C., Hendratta, L. A., & ... (2019). Analisis Pengaruh Pembangunan Waduk Kuwil-Kawangkoan Terhadap Debit Banjir Di Hilir Sungai Tondano. *Jurnal Sipil ...*, 7(5), 491–504.
- Moriasi, D. N., Gitau, M. W., Pai, N., & Daggupati, P. (2015). Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria. *Transactions of the ASABE*, 58(6), 1763–1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>
- Pratama, M. I., Rohmat, F. I. W., Farid, M., Adityawan, M. B., Kuntoro, A. A., & Moe, I. R. (2021). Flood hydrograph simulation to estimate peak discharge in Ciliwung river basin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 708(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/708/1/012028>
- Priambodo, Y. A., & Kamis, M. (2019). Delineasi Das Sungai Penyebab Banjir Di Kelurahan Rua Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate Menggunakan Hec-Hms. *Ejournal.Unkhair.Ac.Id*, 09(September), 9–16.
- Quirogaa, V. M., Kurea, S., Udoa, K., & Manoa, A. (2016). Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. *Ribagua*, 3(1), 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.12.001>
- Rahmani, R. N., Wahyudi, A. H., & Sobriyah. (2016). Transformasi Hujan Harian Ke Hujan Jam-Jaman Menggunakan Metode Mononobe dan Pengalihragaman Hujan Aliran (Studi Kasus di DAS Tirtomoyo). *Matriks Teknik Sipil*, 1995, 176–185.
- SNI 2415:2016. (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. *Bsn*, 1–4.
- Umer, Y., Jetten, V., Ettema, J., & Lombardo, L. (2022). Application of the WRF model rainfall product for the localized flood hazard modeling in a data-scarce environment. In *Natural Hazards* (Vol. 111, Issue 2). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05117-6>
-