



## **Analisis Banjir Rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik: Synder dan SCS (Soil Conservation Services) di Lokasi Sungai Belumai**

**Akbarsyah Muhammad Tanjung<sup>1\*</sup>, Sheila Hani<sup>2</sup>, Hendri<sup>3</sup>**

<sup>1\*,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Medan, Indonesia

<sup>1\*</sup>[akbarsyah\\_muhammad@yahoo.com](mailto:akbarsyah_muhammad@yahoo.com), <sup>2</sup>[sheilahani87@gmail.com](mailto:sheilahani87@gmail.com), <sup>3</sup>[hendrialfa97@gmail.com](mailto:hendrialfa97@gmail.com)

\*) [akbarsyah\\_muhammad@yahoo.com](mailto:akbarsyah_muhammad@yahoo.com)

**Abstrak-**Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan kerugian sosial serta ekonomi yang signifikan. Oleh karena itu, analisis debit banjir rancangan sangat penting dalam perencanaan infrastruktur pengendali banjir, khususnya pada daerah aliran sungai yang memiliki keterbatasan data hidrograf pengamatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan debit banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan Soil Conservation Service pada DAS Belumai. Metode penelitian meliputi analisis data curah hujan maksimum tahunan, uji konsistensi data menggunakan metode Rescaled Adjusted Partial Sums, serta analisis frekuensi untuk memperoleh hujan rencana. Selanjutnya, hujan efektif digunakan dalam pembentukan hidrograf banjir dengan kedua metode tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit puncak metode Snyder terjadi lebih cepat dibandingkan metode Soil Conservation Service, dengan nilai debit yang lebih besar pada setiap periode ulang. Pada periode ulang 100 tahun, debit puncak metode Snyder sebesar 802,695 meter kubik per detik, sedangkan metode Soil Conservation Service sebesar 525,012 meter kubik per detik. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa metode Snyder memberikan estimasi yang lebih konservatif dibandingkan metode Soil Conservation Service. Dengan demikian, metode Snyder lebih direkomendasikan dalam perencanaan pengendalian banjir untuk mempertimbangkan kondisi debit maksimum.

**Kata Kunci:** Banjir rancangan, Hidrograf Satuan, Hidrograf Satuan Snyder, Hidrograf Satuan SCS, DAS Belumai

**Abstract-**Flood is one of the most frequent hydrometeorological disasters in Indonesia, causing significant social and economic losses. Therefore, the analysis of design flood discharge is essential for planning flood control infrastructure, especially in watersheds with limited observed hydrograph data. This study aims to analyze and compare design flood discharge using the Snyder Synthetic Unit Hydrograph and the Soil Conservation Service method in the Belumai Watershed. The research methodology includes the analysis of annual maximum rainfall data, data consistency testing using the Rescaled Adjusted Partial Sums method, and frequency analysis to determine design rainfall. Furthermore, effective rainfall is calculated and used to generate flood hydrographs using both methods. The results show that the peak discharge of the Snyder method occurs earlier than that of the Soil Conservation Service method and produces higher discharge values for all return periods. For the 100-year return period, the peak discharge obtained from the Snyder method is 802.695 cubic meters per second, while the Soil Conservation Service method yields 525.012 cubic meters per second. These differences indicate that the Snyder method provides more conservative estimates compared to the Soil Conservation Service method. Therefore, the Snyder method is more suitable for flood control planning to account for maximum discharge conditions.

**Keywords:** Design Flood, Synthetic Unit Hydrograph, Snyder Synthetic Unit Hydrograph, SCS Synthetic Unit Hydrograph, Belumai Watershed

### **1. PENDAHULUAN**

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, salah satunya disebabkan oleh kegagalan pengelolaan Daerah Aliran Sungai serta curah hujan yang tinggi [1]. Dalam kajian hidrologi, banjir didefinisikan sebagai kondisi ketika debit aliran sungai melebihi kapasitas tampungan saluran sehingga air melimpas ke daerah sekitarnya [2]. Permasalahan hidrologi ini menimbulkan kerugian sosial maupun ekonomi. Untuk mengantisipasi dan memitigasi dampak bencana banjir, prediksi debit banjir rancangan untuk merencanakan bangunan air seperti tanggul, saluran pengendali banjir, serta jembatan, menjadi sangat krusial dalam perencanaan infrastruktur sumber daya air [3].





Dalam analisis hidrologi, hubungan antara curah hujan dan limpasan permukaan sering dianalisis menggunakan konsep hidrograf satuan, yaitu respon aliran suatu DAS terhadap hujan efektif dengan durasi tertentu. Metode hidrograf satuan sintetik, seperti Snyder dan Soil Conservation Service, menawarkan pendekatan yang efektif untuk menganalisis karakteristik hidrologi suatu DAS, khususnya dalam memperkirakan respons aliran permukaan terhadap curah hujan ekstrem [4], [5]. Metode Snyder dikembangkan berdasarkan hubungan empiris antara parameter morfometri DAS dan karakteristik hidrograf aliran, sedangkan metode SCS menggunakan pendekatan hidrograf satuan tak berdimensi yang menggambarkan hubungan antara rasio waktu dan debit aliran.

Pendekatan ini sangat relevan untuk daerah aliran sungai yang mengalami keterbatasan data observasi, sehingga memerlukan metode estimasi yang berdasarkan karakteristik fisik DAS [6]. Studi ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan hasil prediksi debit banjir rancangan menggunakan metode Snyder dan SCS, mengevaluasi perbedaan serta keakuratan kedua metode tersebut dalam konteks hidrologi Indonesia [7]. Keterbatasan data dan ketepatan pemilihan metode pemodelan banjir secara signifikan memengaruhi akurasi prediksi debit banjir [8]. Oleh karena itu, penelitian ini akan berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang kinerja kedua metode dalam memprediksi banjir di wilayah dengan karakteristik geografis dan iklim yang beragam [9]. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat dalam pemilihan metode hidrograf satuan sintetik untuk perencanaan mitigasi banjir dan pengembangan infrastruktur di Indonesia [10].

Bencana banjir merupakan ancaman yang konsisten dan berulang setiap tahun di berbagai wilayah Indonesia, menimbulkan kerugian signifikan pada sektor permukiman, pertanian, dan infrastruktur [11]. Fenomena ini tidak hanya disebabkan oleh faktor alamiah seperti intensitas curah hujan yang tinggi, tetapi juga diperparah oleh aktivitas antropogenik berupa perubahan tata guna lahan dan degradasi lingkungan di Daerah Aliran Sungai [1], [7]. Kondisi ini mengakibatkan peningkatan laju limpasan permukaan dan erosi tanah, yang pada akhirnya memperbesar risiko terjadinya banjir bandang dan longsor. Di beberapa titik sungai di Indonesia, seperti Sungai Code di Yogyakarta, kejadian longsor dan banjir masih menjadi fenomena alam yang umum terjadi saat musim penghujan, ditandai dengan tingginya debit air [12]. Pemodelan hidrograf banjir dengan metode seperti Snyder dan SCS menjadi esensial untuk memprediksi debit puncak, yang kemudian digunakan sebagai dasar mitigasi bencana dan perencanaan bangunan air [4], [13]. Pendekatan ini memungkinkan perancangan infrastruktur yang lebih tangguh dan adaptif terhadap variabilitas iklim [14]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode Snyder menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi dibandingkan metode SCS untuk berbagai periode ulang banjir, sehingga memberikan pendekatan yang lebih konservatif dalam perencanaan bangunan air [15].

Dengan demikian, pemahaman mendalam terhadap perbedaan hasil prediksi ini sangat penting untuk memastikan keandalan perencanaan dan mitigasi banjir. Penelitian ini akan mengkaji secara komparatif kedua metode tersebut untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil prediksi serta implikasinya terhadap desain bangunan air. Disamping itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja metode hidrograf satuan sintetik SS Snyder dan SCS dalam memprediksi debit banjir rancangan pada Daerah Aliran Sungai di Indonesia, serta mengevaluasi sensitivitas parameter input terhadap hasil simulasi. Hal ini akan membantu dalam memilih metode yang paling sesuai untuk berbagai karakteristik DAS, khususnya dalam konteks pengelolaan risiko banjir yang efektif di sekitar Sungai Belumai.

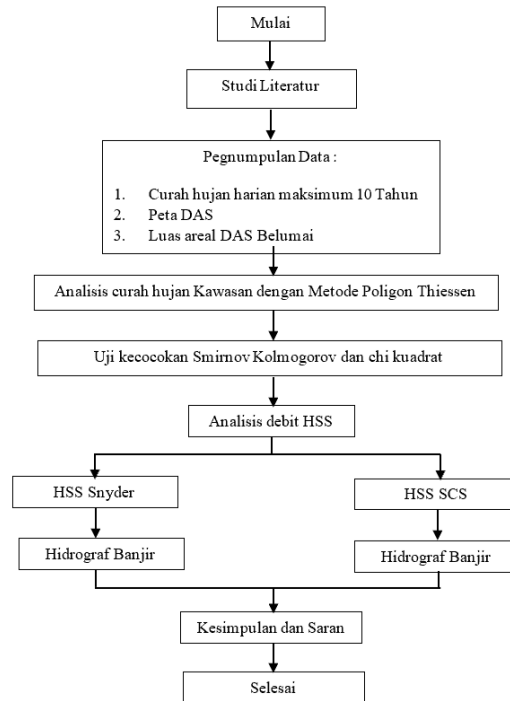
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan analisis hidrologi untuk memperoleh debit banjir rancangan pada Sungai Belumai menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan Soil Conservation Service (SCS). Secara umum tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pengujian kualitas data, analisis frekuensi curah hujan, hingga perhitungan debit banjir rancangan. Tahapan penelitian tersebut dijelaskan pada Gambar 1.

### 2.1 Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian dilakukan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Belumai dengan luas  $\pm 263,28$  km<sup>2</sup>. Data yang digunakan berupa data curah hujan maksimum harian periode 2013-2022 yang diperoleh dari stasiun hujan yang mewakili wilayah DAS. Data curah hujan maksimum harian dari tiga stasiun hujan yang berada di sekitar daerah penelitian, yaitu Stasiun Aek Pancur, STM Hulu, dan Biru-Biru, dengan periode pengamatan tahun 2013-2022. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh curah hujan maksimum tahunan yang digunakan dalam analisis hidrologi. Selain itu, digunakan data karakteristik fisik DAS yang meliputi luas DAS, panjang sungai utama, panjang ke titik berat DAS, serta kemiringan sungai untuk keperluan analisis hidrograf satuan sintetik. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.





**Gambar 1.** Diagram alir penelitian



**Gambar 2.** Lokasi pengambilan data penelitian

## 2.2 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dilakukan melalui tahapan:

1. Pengujian kualitas data (uji konsistensi dan uji kecenderungan). Pengujian kualitas data hidrologi untuk memastikan bahwa data yang digunakan layak dianalisis. Pengujian ini meliputi uji outlier untuk mendeteksi keberadaan data ekstrem, uji konsistensi menggunakan metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS), uji tren, uji stasioner, dan uji independensi. Dalam penelitian ini yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk menguji konsistensi data adalah Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS). Metode RAPS dilakukan dengan menghitung deviasi data terhadap nilai rata-rata, kemudian menjumlahkannya

secara kumulatif untuk memperoleh nilai partial sums. Nilai tersebut kemudian dinormalisasi dengan simpangan baku data sehingga diperoleh nilai statistik RAPS. Parameter yang digunakan dalam pengujian ini adalah nilai Q dan R, yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai kritis berdasarkan jumlah data pengamatan.

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S_k = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}) \quad (1)$$

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

Dikatakan konsisten apabila

$$\frac{Q}{\sqrt{n}} < Q_{syarat} \text{ dan } \frac{R}{\sqrt{n}} < R_{syarat} \quad (3)$$

- Analisis frekuensi curah hujan merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk memperkirakan besarnya curah hujan rencana berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan. Dalam penelitian ini, analisis frekuensi dilakukan menggunakan data curah hujan maksimum tahunan yang diperoleh dari tiga stasiun hujan yang berada di sekitar wilayah penelitian, yaitu Stasiun Aek Pancur, STM Hulu, dan Biru-Biru, dengan periode pengamatan selama sepuluh tahun (2013-2022). Data tersebut terlebih dahulu melalui tahap pengujian kualitas data untuk memastikan bahwa data yang digunakan konsisten dan layak dianalisis secara statistik. Beberapa distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi diuji dalam penelitian ini, yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Penggunaan beberapa distribusi probabilitas bertujuan untuk mengetahui distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan maksimum tahunan pada daerah penelitian. Parameter statistik yang dihitung dalam analisis frekuensi meliputi nilai rata-rata (mean), simpangan baku (standard deviation), koefisien kemencengan (coefficient of skewness), dan koefisien kurtosis. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian distribusi probabilitas terhadap data yang dianalisis. Selanjutnya, nilai curah hujan rencana dihitung untuk beberapa periode ulang yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

Persamaan yang digunakan untuk distribusi Normal adalah sebagai berikut:

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

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (5)$$

$$P = 1 - \frac{1}{T} \quad (6)$$

Persamaan yang digunakan untuk distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$Y_T = \bar{Y} + Z_T \cdot S_Y \quad (8)$$

$$X_T = 10^{Y_T} \quad (9)$$

Persamaan yang digunakan untuk distribusi Gumbel adalah sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (11)$$

Persamaan yang digunakan untuk distribusi Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (12)$$

$$C_s = \frac{n \sum (Y_i - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)S_Y^3} \quad (13)$$

$$K_T = f(T, C_s)$$



3. Pemilihan distribusi terbaik berdasarkan uji kesesuaian. Pemilihan distribusi terbaik dilakukan berdasarkan evaluasi parameter statistik seperti koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) serta uji kesesuaian distribusi.
4. Penentuan hujan rencana. Penentuan pada tahapan ini berdasarkan distribusi probabilitas yang memenuhi kriteria statistik. Curah hujan rencana dihitung untuk beberapa periode ulang yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.I.

### 2.3 Transformasi hujan menjadi limpasan

Merupakan bagian dari curah hujan yang berkontribusi langsung terhadap limpasan permukaan. Perhitungan hujan efektif dilakukan dengan mempertimbangkan koefisien pengaliran yang dipengaruhi oleh kondisi tata guna lahan dan karakteristik daerah aliran sungai. Dalam analisis pendekatan untuk koefisien pengaliran diambil untuk sungai di bagian hilir. Maka persamaan yang digunakan adalah:

$$f = 1 - \frac{6,6}{Rt^{1/2}} \quad (14)$$

$$P_e = f x R_t \quad (15)$$

Hujan rencana yang diperoleh selanjutnya ditransformasikan menjadi hujan efektif. Proses transformasi hujan menjadi limpasan dilakukan menggunakan dua metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu metode Snyder dan metode Soil Conservation Service (SCS).

### 2.4 Metode HSS Snyder

Metode Snyder digunakan untuk membentuk hidrograf satuan berdasarkan parameter morfometri DAS. Parameter utama yang dihitung meliputi waktu ke puncak (Tp), debit puncak hidrograf satuan (Qp), dan waktu dasar hidrograf. Nilai koefisien waktu (Ct) dan koefisien puncak (Cp) ditentukan berdasarkan karakteristik DAS dan literatur hidrologi. Debit banjir rencana diperoleh dengan mengalikan hidrograf satuan dengan hujan efektif untuk masing-masing periode ulang-pengujian.

### 2.5 Metode HSS SCS

Metode SCS menggunakan pendekatan hidrograf tak berdimensi dengan parameter utama berupa Curve Number (CN) dan waktu lag. Nilai CN ditentukan berdasarkan kondisi tata guna lahan dan jenis tanah pada DAS. Waktu ke puncak dan debit puncak dihitung sesuai formulasi SCS. Hidrograf banjir rencana diperoleh dari konvolusi hujan efektif dengan hidrograf satuan SCS.n pengujian.

### 2.6 Analisis perbandingan

Setiap Perbandingan hasil dilakukan dengan:

1. Membandingkan nilai debit puncak (Qp) untuk setiap periode ulang.
2. Menghitung persentase perbedaan debit antar-metode.
3. Menganalisis pola perubahan selisih terhadap kenaikan periode ulang.

Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kecenderungan metode yang lebih konservatif dalam estimasi debit banjir rencana pengujian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Uji Konsistensi Data Hujan (Metode RAPS)

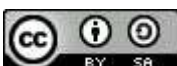
Data curah hujan maksimum tahunan dari tiga stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Aek Pancur, STM Hulu, dan Biru-Biru, dianalisis menggunakan metode RAPS dengan jumlah data pengamatan sebanyak 10 tahun (2013-2022). Hasil perhitungan nilai statistik RAPS untuk masing-masing stasiun ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  untuk seluruh stasiun hujan berada di bawah nilai kritis yang dipersyaratkan, yaitu 1,05 untuk parameter Q dan 1,21 untuk parameter R pada tingkat signifikansi 5%. Hal ini menunjukkan bahwa data curah hujan pada ketiga stasiun pengamatan memenuhi kriteria konsistensi dan tidak mengalami perubahan sistematis selama periode pengamatan.

Dengan demikian, data curah hujan maksimum tahunan dari ketiga stasiun tersebut layak digunakan dalam analisis hidrologi selanjutnya, termasuk analisis frekuensi curah hujan dan perhitungan debit banjir rancangan.

**Tabel 1.** Data hasil pengujian kelayakan dengan metode RAPS

Stasiun Hujan	Q	R	$Q/\sqrt{n}$	Syarat	Ket	$R/\sqrt{n}$	Syarat	Ket
Aek Pancur	2.42	2.42	0.77	< 1.05	OK	0.77	< 1.21	OK



STM Hulu	3.19	3.19	1.01	< 1.05	OK	1.01	< 1.21	OK
Biru-Biru	2.18	2.18	0.69	< 1.05	OK	0.69	< 1.21	OK

Pengujian konsistensi dilakukan terhadap data curah hujan maksimum tahunan dari tiga stasiun hujan yang mewakili wilayah penelitian, yaitu Stasiun Aek Pancur, STM Hulu, dan Biru-Biru, dengan periode pengamatan selama 2013–2022. Parameter yang digunakan dalam metode RAPS adalah nilai Q dan R yang dibandingkan dengan nilai kritis pada tingkat signifikansi 5%.

### 3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan masing-masing distribusi probabilitas dijelaskan pada subbab berikut.

#### 3.2.1 Distribusi Normal

Hasil perhitungan distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Perhitungan curah hujan menggunakan Distribusi Normal

No	Kala Ulang T (tahun)	Probabilitas	Faktor Frekuensi	Curah Hujan (X <sub>T</sub> )
1	2	0.50	0.00	93.052
2	5	0.80	0.84	110.084
3	10	0.90	1.28	118.996
4	25	0.96	1.75	128.496
5	50	0.98	2.05	134.631
6	100	0.99	2.33	140.149

Berdasarkan hasil analisis distribusi Normal pada Tabel 2, terlihat bahwa nilai curah hujan rencana meningkat seiring dengan bertambahnya periode ulang. Curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun diperoleh sebesar 93,052 mm, sedangkan untuk periode ulang 100 tahun meningkat menjadi 140,149 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian hujan dengan intensitas yang lebih besar memiliki probabilitas kejadian yang semakin kecil sehingga membutuhkan periode ulang yang lebih Panjang.

#### 3.2.2 Distribusi Log Normal

Pada distribusi Log Normal, data curah hujan terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam bentuk logaritmik. Hasil perhitungan curah hujan menggunakan distribusi log normal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Perhitungan curah hujan menggunakan Distribusi Log Normal

No	Kala Ulang T (tahun)	Probabilitas	Faktor Frekuensi	Curah Hujan (mm)
1	2	0.50	0.00	91.081
2	5	0.80	0.84	109.478
3	10	0.90	1.28	120.540
4	25	0.96	1.75	133.567
5	50	0.98	2.05	142.718
6	100	0.99	2.33	151.483

Berdasarkan hasil analisis distribusi Log Normal, nilai curah hujan rencana meningkat seiring bertambahnya periode ulang. Nilai curah hujan yang dihasilkan distribusi ini cenderung lebih besar dibandingkan distribusi Normal, khususnya pada periode ulang yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa transformasi logaritmik memberikan pengaruh terhadap estimasi kejadian hujan ekstrem

#### 3.2.3 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk menganalisis kejadian ekstrem, seperti curah hujan maksimum tahunan. Perhitungan hujan rencana dilakukan menggunakan reduced variate, dengan persamaan umum:

**Tabel 3.** Perhitungan curah hujan menggunakan Distribusi Log Normal

No	Kala Ulang T (tahun)	Probabilitas	Pengurangan Variasi	Curah Hujan (mm)
1	2	0.50	0.3665	90.309
2	5	0.80	1.4999	114.469
3	10	0.90	2.2504	130.464
4	25	0.96	3.1985	150.675
5	50	0.98	3.9019	165.669
6	100	0.99	4.6001	180.552

Distribusi Gumbel menghasilkan nilai curah hujan rencana yang lebih besar dibandingkan distribusi Normal dan Log Normal, terutama pada periode ulang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Gumbel lebih sensitif terhadap kejadian ekstrem, sehingga sering menghasilkan estimasi yang lebih konservatif dalam analisis hidrologi.

Selain distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel, analisis frekuensi juga dilakukan menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III. Distribusi ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena mampu menggambarkan data yang memiliki tingkat kemencengan tertentu

### 3.2.4 Distribusi Log Pearson Tipe III

**Tabel 4.** Perhitungan curah hujan menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Kala Ulang T (tahun)	Probabilitas	Faktor Frekuensi (K)	Curah Hujan (mm)
1	2	0.50	-0.059	89.633
2	5	0.80	0.645	108.789
3	10	0.90	1.084	121.542
4	25	0.96	1.612	137.773
5	50	0.98	1.992	150.022
6	100	0.99	2.355	162.414

Berdasarkan Tabel 4, nilai curah hujan rencana yang dihitung dengan distribusi Log Pearson Tipe III menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya periode ulang. Pada periode ulang rendah, nilai curah hujan yang dihasilkan relatif tidak berbeda jauh dengan distribusi Normal dan Log Normal. Namun, pada periode ulang yang lebih besar, distribusi ini menghasilkan nilai curah hujan yang lebih tinggi dibanding distribusi Normal, meskipun masih lebih rendah daripada distribusi Gumbel. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III mampu memberikan estimasi yang lebih moderat terhadap kejadian hujan ekstrem, sekaligus tetap mempertimbangkan karakteristik kemencengan data hidrologi.

### 3.3 Curah Hujan Rencana

Hasil perhitungan curah hujan rencana dari keempat distribusi probabilitas kemudian dibandingkan untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data hujan maksimum tahunan pada wilayah penelitian, seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan Curah Hujan Rencana Berdasarkan Beberapa Distribusi Probabilitas

No	Kala Ulang (Tahun)	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Gumbel (mm)	Log Pearson Tipe III (mm)
1	2	93.052	91.081	90.309	89.633
2	5	110.084	109.478	114.469	108.789
3	10	118.996	120.540	130.464	121.542
4	25	128.496	133.567	150.675	137.773
5	50	134.631	142.718	165.669	150.022
6	100	140.149	151.483	180.552	162.414

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa nilai curah hujan rencana yang diperoleh dari masing-masing distribusi probabilitas menunjukkan pola peningkatan seiring dengan bertambahnya periode ulang. Distribusi Gumbel menghasilkan nilai curah hujan yang paling besar, terutama pada periode ulang tinggi, sedangkan distribusi Normal menghasilkan nilai yang relatif lebih rendah. Distribusi Log Normal memberikan hasil yang

lebih tinggi dibanding distribusi Normal pada periode ulang besar karena adanya transformasi logaritmik yang memperhitungkan kemencengan data. Sementara itu, distribusi Log Pearson Tipe III menghasilkan nilai curah hujan yang berada di antara distribusi Normal dan Gumbel, sehingga memberikan estimasi yang lebih moderat terhadap kejadian hujan ekstrem.

Selanjutnya, pemilihan distribusi yang paling sesuai tidak hanya didasarkan pada besarnya nilai curah hujan rencana, tetapi juga pada kesesuaian parameter statistik terhadap karakteristik data. Oleh karena itu, evaluasi koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) dilakukan untuk menentukan distribusi yang paling representative. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil uji persyaratan statistik

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	0,287	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 3$	-1,109	
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,156$	-0,017	Tidak Memenuhi
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,043$	-1,011	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$	0,287	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 5,4$	-1,109	
4	Log Pearson Tipe III	Jika semua tidak memnuhi syarat		Memenuhi

Berdasarkan Tabel 6, distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel tidak memenuhi kriteria statistik yang dipersyaratkan, karena nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) hasil perhitungan tidak sesuai dengan karakteristik teoritis masing-masing distribusi. Hal ini menunjukkan bahwa data curah hujan maksimum tahunan pada wilayah penelitian tidak dapat direpresentasikan secara memadai oleh ketiga distribusi tersebut.

Sebaliknya, distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi kriteria statistik yang dipersyaratkan. Distribusi ini lebih fleksibel dalam menggambarkan data hidrologi yang memiliki kemencengan tertentu, sehingga lebih sesuai untuk analisis frekuensi curah hujan maksimum tahunan pada DAS Belumai. Dengan demikian, distribusi Log Pearson Tipe III dipilih sebagai distribusi yang paling representatif untuk menentukan curah hujan rencana pada penelitian ini, yang selanjutnya dipakai pada analisis hujan efektif dan perhitungan debit banjir rancangan.

### 3.4 Hujan Efektif

Hujan efektif merupakan bagian dari curah hujan yang secara langsung berkontribusi terhadap limpasan permukaan pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Tidak seluruh curah hujan yang jatuh di permukaan tanah akan menjadi limpasan, karena sebagian akan mengalami proses infiltrasi, evaporasi, dan penyimpanan sementara di permukaan tanah. Oleh karena itu, dalam analisis hidrologi diperlukan perhitungan hujan efektif untuk menentukan besarnya curah hujan yang benar-benar menghasilkan aliran permukaan. Dalam penelitian ini, hujan efektif dihitung berdasarkan nilai curah hujan rencana yang diperoleh dari analisis frekuensi menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III, yang telah ditentukan sebagai distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan maksimum tahunan pada wilayah penelitian.

Perhitungan hujan efektif dilakukan dengan mempertimbangkan koefisien pengaliran yang menggambarkan proporsi curah hujan yang menjadi limpasan permukaan. Koefisien pengaliran dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi tata guna lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, serta kondisi penutup permukaan pada daerah aliran sungai. Koefisien pengaliran juga dapat dihitung menggunakan rumus pada Tabel 7. Penggunaan persamaan kemudian di rekapitulasi untuk kala ulang 2 sampai 100 tahun, seperti terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Rumus Koefisien limpasan (Koefisien Pengaliran)

Daerah	Kondisi Sungai	Curah Hujan	Koefisien Pengaliran
Hulu			$f = 1 - 15,7/Rt^{(3/4)}$
Tengah	sungai biasa		$f = 1 - 5,65/Rt^{(1/2)}$
Tengah	sungai di zone lava	$Rt > 200$ mm	$f = 1 - 7,2/Rt^{(1/2)}$
Tengah		$Rt < 200$ mm	$f = 1 - 3,14/Rt^{(1/3)}$
Hilir			$f = 1 - 6,6/Rt^{(1/2)}$

**Tabel 8.** Perhitungan curah hujan efektif ( $P_e$ )

No	Kala Ulang (tahun)	Curah Hujan Rencana $R_t$ (mm)	Koefisien Pengaliran $f$	Hujan Efektif $P_e$ (mm)
1	2	89.633	0.303	27.148
2	5	108.789	0.367	39.950
3	10	121.542	0.401	48.780
4	25	137.773	0.438	60.304
5	50	150.022	0.461	69.183
6	100	162.414	0.482	78.302

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel X, nilai koefisien pengaliran berkisar antara 0,303 hingga 0,482. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 30% hingga 48% dari curah hujan rencana berkontribusi langsung terhadap limpasan permukaan. Nilai hujan efektif yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai input dalam analisis hidrograf satuan sintetik Snyder dan Soil Conservation Service (SCS) untuk menentukan debit banjir rancangan pada DAS Belumai. Selain menunjukkan peningkatan nilai hujan efektif terhadap bertambahnya periode ulang, hasil perhitungan tersebut juga memberikan gambaran mengenai respons hidrologi DAS Belumai terhadap kejadian hujan ekstrem. Nilai koefisien pengaliran yang meningkat seiring bertambahnya curah hujan rencana menunjukkan bahwa kemampuan infiltrasi tanah relatif terbatas ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar curah hujan langsung berubah menjadi limpasan permukaan yang kemudian mengalir menuju saluran sungai.

Fenomena tersebut umum terjadi pada daerah aliran sungai di wilayah tropis yang memiliki karakteristik curah hujan tinggi serta perubahan tata guna lahan yang cukup signifikan. Pada kondisi tersebut, peningkatan intensitas hujan cenderung menghasilkan peningkatan limpasan permukaan secara nonlinier, sehingga berpotensi meningkatkan debit puncak banjir pada sungai utama. Oleh karena itu, analisis hujan efektif menjadi tahap penting dalam transformasi hujan menjadi aliran permukaan pada analisis hidrologi. Selain itu, nilai hujan efektif yang diperoleh pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa proporsi limpasan permukaan relatif cukup besar dibandingkan total curah hujan yang terjadi. Hal ini mengindikasikan bahwa DAS Belumai memiliki potensi respons aliran yang cukup cepat terhadap kejadian hujan intensitas tinggi. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik DAS, seperti kemiringan lereng, kondisi tata guna lahan, serta karakteristik tanah yang memengaruhi kapasitas infiltrasi.

Dalam konteks analisis banjir rancangan, besarnya hujan efektif memiliki pengaruh langsung terhadap besarnya debit banjir yang dihasilkan pada hidrograf satuan. Semakin besar nilai hujan efektif yang digunakan sebagai input perhitungan, maka volume limpasan yang terbentuk juga akan semakin besar sehingga berpotensi menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi. Oleh karena itu, estimasi hujan efektif yang akurat menjadi faktor penting dalam menentukan besarnya debit banjir rancangan pada suatu daerah aliran sungai. Nilai hujan efektif yang telah diperoleh pada penelitian ini selanjutnya digunakan sebagai input utama dalam pembentukan hidrograf satuan sintetik menggunakan metode Snyder dan metode Soil Conservation Service (SCS). Melalui proses transformasi hujan efektif menjadi hidrograf banjir, diperoleh estimasi debit banjir rancangan pada DAS Belumai untuk berbagai periode ulang. Hasil analisis hidrograf dan perbandingan debit puncak yang diperoleh dari kedua metode tersebut akan dibahas pada subbab berikutnya.

### 3.5 Analisis Hidrograf Banjir Rancangan

Hujan efektif yang telah diperoleh pada subbab sebelumnya selanjutnya digunakan sebagai input dalam pembentukan hidrograf banjir rancangan pada DAS Belumai. Transformasi hujan efektif menjadi hidrograf banjir dilakukan menggunakan dua metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu metode Snyder dan metode Soil Conservation Service (SCS). Kedua metode tersebut dipilih karena banyak digunakan dalam analisis hidrologi pada daerah aliran sungai yang memiliki keterbatasan data debit pengamatan.

Metode Snyder merupakan salah satu metode hidrograf satuan sintetik yang dikembangkan berdasarkan hubungan empiris antara karakteristik morfometri DAS dan respon aliran permukaan. Parameter utama yang digunakan dalam metode ini meliputi waktu ke puncak hidrograf ( $T_p$ ), debit puncak hidrograf satuan ( $Q_p$ ), serta waktu dasar hidrograf. Sementara itu, metode SCS menggunakan pendekatan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan oleh United States Department of Agriculture (USDA), dengan parameter utama berupa Curve Number (CN) dan waktu lag yang menggambarkan karakteristik respon hidrologi DAS. Melalui proses





transformasi hujan efektif menggunakan kedua metode tersebut, diperoleh hidrograf banjir rancangan untuk berbagai periode ulang yang selanjutnya digunakan untuk menentukan debit puncak banjir (peak discharge) pada Sungai Belumai. Debit puncak ini merupakan parameter penting dalam perencanaan bangunan pengendali banjir, seperti tanggul, saluran drainase, maupun struktur pengendali aliran sungaian.

### 3.5.1 Hidrograf Banjir Metode Snyder

$t_p$	= 6,198 jam
$t_e$	= 1,127 jam
$T_b$	= 24 jam
$T_p$	= 18,2 jam
$Q_p$	= 11,97 m <sup>3</sup> /det
$\lambda$	= 0,5
$\alpha$	= 0,45

**Tabel 9.** Debit Banjir Rancangan Metode HSS Snyder pada Berbagai Kala Ulang

Waktu (jam)	2 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	5 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	10 Tahun (m <sup>3</sup> /dt)	25 Tahun (m <sup>3</sup> /dt)	50 Tahun (m <sup>3</sup> /dt)	100 Tahun (m <sup>3</sup> /dt)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3.291	4.639	5.571	6.791	7.732	8.706
2	69.410	97.818	117.478	143.237	163.087	183.635
3	171.458	241.646	290.205	353.846	402.880	453.639
4	247.658	348.990	419.107	511.015	581.791	655.070
5	288.917	407.137	488.956	596.187	678.809	764.360
6	302.845	426.824	512.614	625.130	711.903	801.099
7	298.288	420.398	504.893	615.720	701.195	789.036
8	283.105	398.999	479.205	584.945	666.129	749.557
9	303.616	427.894	513.898	626.475	713.323	802.695
10	256.885	361.996	434.801	530.050	603.547	679.161
11	230.364	324.600	389.842	475.265	541.183	608.999
12	204.663	288.397	346.350	422.249	480.822	541.085
13	180.335	254.102	305.219	372.107	423.751	476.882
14	158.174	222.878	267.702	326.346	371.626	418.209
15	138.063	194.540	233.645	284.808	324.312	364.953
16	120.024	169.129	203.583	248.185	282.639	318.094
17	103.972	146.518	176.379	214.983	244.804	275.491
18	89.818	126.579	152.375	185.726	211.498	238.015
19	77.468	109.183	131.438	160.207	182.441	205.318
20	66.833	94.203	113.396	138.198	157.370	177.095
21	57.829	81.516	98.123	119.580	136.160	153.218
22	50.374	71.014	85.476	104.163	118.589	133.431
23	44.387	62.583	75.323	91.797	104.506	117.582
24	39.789	56.100	67.520	82.284	93.684	105.386
25	36.501	51.468	61.618	75.093	85.497	96.177
26	34.443	48.566	58.143	70.860	80.678	90.755
27	32.877	46.359	55.499	67.635	77.008	86.626
28	31.270	44.093	52.785	64.327	73.241	82.387
29	29.709	41.893	50.153	61.118	69.586	78.276
30	28.202	39.767	47.606	58.012	66.050	74.300
31	26.754	37.726	45.157	55.024	62.650	70.460
32	25.368	35.773	42.814	52.168	59.400	66.805
33	24.047	33.911	40.580	49.445	56.301	63.322
34	22.792	32.142	38.459	46.859	53.358	60.008
35	21.604	30.468	36.456	44.418	50.581	56.858
36	20.482	28.887	34.572	42.122	47.971	53.872



Analisis hidrograf banjir rancangan pada DAS Belumai menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder pada Tabel 9 menunjukkan bahwa debit aliran meningkat secara bertahap sejak awal kejadian hujan hingga mencapai debit puncak pada sekitar jam ke-9. Peningkatan debit ini terjadi seiring dengan bertambahnya kontribusi limpasan permukaan yang berasal dari seluruh bagian daerah aliran sungai, sehingga aliran yang terkonsentrasi menuju sungai utama menyebabkan kenaikan debit secara signifikan. Besarnya debit puncak bervariasi sesuai dengan periode kala ulang hujan, yaitu sebesar 303,616 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 2 tahun, 427,894 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 5 tahun, 513,898 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 10 tahun, 626,475 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 25 tahun, 713,323 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 50 tahun, dan 802,695 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 100 tahun. Setelah mencapai debit maksimum, hidrograf menunjukkan penurunan debit secara bertahap hingga mendekati kondisi aliran normal pada akhir periode pengamatan, yang menggambarkan proses berkurangnya limpasan permukaan serta pelepasan air dari simpanan sementara dalam sistem hidrologi DAS. Pola hidrograf yang terbentuk memperlihatkan karakteristik kenaikan yang relatif cepat dan penurunan yang lebih landai, yang menunjukkan bahwa DAS Belumai memiliki respons hidrologi yang cukup cepat terhadap kejadian hujan intensitas tinggi. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan hal yang sama, bahwa karakteristik DAS dan curah hujan mempengaruhi besarnya limpasan dan debit puncak [16]. Selain itu, metode HSS Snyder bergantung pada waktu dan waktu puncak yang ditentukan oleh kondisi batas air dan dikalibrasi berdasarkan data banjir sebenarnya [17].

### 3.5.2 Hidrograf Banjir Metode SCS

Luas DAS (A)	= km <sup>2</sup>
Panjang sungai (L)	= Km
Kemiringan sungai (S)	=
Debit Puncak (Qp)	= m <sup>3</sup> /s
Waktu puncak (Tp)	= jam
Waktu keterlambatan (tp) = jam	
Waktu konsentrasi (Tc)	= menit

**Tabel 10.** Debit Banjir Rancangan Metode HSS SCS pada Berbagai Kala Ulang

Waktu (jam)	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
0	75,667	75,667	75,667	75,667	75,667	75,667
1	75,891	76,014	76,098	76,209	76,295	76,383
2	77,110	77,932	78,558	79,346	80,031	80,703
3	83,721	88,137	91,234	95,266	98,433	101,667
4	98,733	111,274	119,894	131,209	139,860	148,795
5	121,840	146,924	164,136	186,745	203,987	221,817
6	151,838	193,194	221,532	258,777	287,126	316,466
7	183,179	241,526	281,466	333,982	373,899	415,235
8	205,566	276,185	324,722	388,436	437,136	487,448
9	217,125	294,115	347,177	416,751	470,128	525,185
10	216,716	293,575	346,694	416,263	469,839	525,012
11	205,713	276,693	325,937	390,329	440,175	491,396
12	190,020	252,483	295,901	352,631	396,657	441,849
13	172,503	225,432	262,277	310,390	347,802	386,174
14	155,324	198,898	229,290	268,944	299,858	331,531
15	141,078	176,863	201,825	234,393	259,788	285,805
16	129,987	159,682	180,362	207,361	228,367	249,907
17	120,375	144,820	161,851	184,083	201,390	219,132
18	112,179	132,154	146,086	164,263	178,436	192,955
19	105,737	122,177	133,629	148,579	160,215	172,144
20	100,079	113,430	122,738	134,885	144,349	154,047
21	95,282	106,020	113,519	123,298	130,936	138,756
22	91,875	100,740	106,923	114,990	121,277	127,720
23	89,390	96,891	102,112	108,929	114,230	119,667
24	87,368	93,760	98,205	104,012	108,520	113,147

25	85,475	90,835	94,565	99,437	103,223	107,107
26	83,668	88,043	91,090	95,069	98,165	101,340
27	81,968	85,421	87,836	90,983	93,448	95,968
28	80,794	83,599	85,557	88,111	90,105	92,146
29	79,945	82,283	83,910	86,034	87,684	89,377
30	79,163	81,074	82,404	84,142	85,493	86,879
31	78,464	79,996	81,068	82,465	83,558	84,677
32	78,043	79,342	80,244	81,424	82,339	83,279
33	77,647	78,729	79,482	80,466	81,230	82,015
34	77,276	78,157	78,771	79,572	80,197	80,837
35	76,976	77,692	78,192	78,845	79,354	79,875
36	76,729	77,310	77,714	78,242	78,653	79,074

Tabel 10 memberikan data hidrograf banjir rancangan menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS), dimana analisis menunjukkan bahwa debit aliran pada DAS Belumai mengalami peningkatan secara bertahap sejak awal kejadian hujan hingga mencapai debit puncak pada sekitar jam ke-10. Peningkatan debit yang cukup signifikan terjadi pada interval waktu jam ke-4 hingga jam ke-9, yang menunjukkan bahwa limpasan dari berbagai bagian daerah aliran sungai mulai terkonsentrasi menuju saluran utama. Limpasan juga dipengaruhi oleh parameter kemiringan sehingga metode ini cenderung memberikan estimasi yang lebih moderat [18], serta pengaruh karakteristik wilayah tropis dengan intensitas curah hujan yang tinggi [19]. Besarnya debit puncak bervariasi sesuai dengan periode kala ulang hujan, yaitu 216,716 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 2 tahun, 293,575 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 5 tahun, 346,694 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 10 tahun, 416,263 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 25 tahun, 469,839 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 50 tahun, dan 525,012 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 100 tahun. Setelah mencapai debit maksimum, hidrograf menunjukkan penurunan debit secara bertahap hingga mendekati kondisi aliran dasar pada akhir periode pengamatan sekitar jam ke-36, yang menggambarkan berkurangnya limpasan permukaan serta pelepasan air dari simpanan sementara dalam sistem hidrologi DAS. Pola hidrograf yang terbentuk memperlihatkan karakteristik kenaikan yang relatif cepat dan penurunan yang lebih landai, yang menunjukkan bahwa DAS Belumai memiliki respon hidrologi yang cukup cepat terhadap kejadian hujan dengan intensitas tinggi.

### 3.5.3 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan

Setelah dilakukan analisis hidrograf banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder dan Soil Conservation Service (SCS), langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan terhadap hasil debit banjir puncak yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik respon hidrologi DAS Belumai terhadap kejadian hujan efektif yang dihitung dengan menggunakan dua pendekatan hidrograf satuan yang berbeda.

Metode Snyder merupakan metode hidrograf satuan sintetik yang dikembangkan berdasarkan hubungan empiris antara parameter morfometri daerah aliran sungai, seperti panjang sungai utama, luas DAS, dan jarak titik berat DAS terhadap outlet. Sementara itu, metode SCS dikembangkan oleh Soil Conservation Service dengan menggunakan konsep hidrograf satuan tak berdimensi yang menggambarkan hubungan antara rasio waktu terhadap waktu puncak dan rasio debit terhadap debit puncak. Penggunaan kedua metode hidrograf satuan sintetik Snyder dan SCS dalam penelitian ini merupakan pendekatan yang relevan untuk mengatasi keterbatasan data debit pada DAS, sebagaimana juga direkomendasikan dalam sebuah penelitian cekungan tidak terukur [20].

Perbedaan dasar pendekatan pada kedua metode tersebut dapat menghasilkan estimasi debit banjir yang berbeda untuk setiap periode kala ulang hujan. Oleh karena itu, analisis perbandingan debit puncak banjir menjadi penting untuk mengetahui metode mana yang memberikan estimasi debit yang lebih besar serta untuk memahami karakteristik respon hidrologi DAS Belumai terhadap kejadian hujan ekstrem. Selain itu, ketidakpastian dalam pemodelan hidrologi juga menjadi faktor penting dalam interpretasi hasil, dimana setiap metode memiliki keterbatasan tersendiri [21]. Meskipun metode hidrograf satuan sintetik masih banyak digunakan, perkembangan metode berbasis *machine learning* membuka peluang untuk meningkatkan akurasi prediksi debit banjir di masa mendatang [22]. Hasil perbandingan debit puncak banjir rancangan antara metode HSS Snyder dan HSS SCS untuk berbagai kala ulang hujan disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Rekapitulasi debit HSS Snyder dan HSS SCS

Kala Ulang (Tahun)	Snyder (m <sup>3</sup> /dt)	SCS (m <sup>3</sup> /dt)	Selisih (m <sup>3</sup> /dt)	Perbedaan (%)
--------------------	-----------------------------	--------------------------	------------------------------	---------------



2	303,616	216,716	86,900	40,10
5	427,894	293,575	134,319	45,75
10	513,898	346,694	167,204	48,23
25	626,475	416,263	210,212	50,50
50	713,323	469,839	243,484	51,82
100	802,695	525,012	277,683	52,89

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan pada DAS Belumai dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder dan Soil Conservation Service (SCS), maka dapat disimpulkan bahwa hasil analisis hujan rencana menunjukkan peningkatan nilai curah hujan rencana seiring dengan bertambahnya periode kala ulang. Nilai hujan efektif yang diperoleh dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa sebagian curah hujan yang terjadi berkontribusi langsung terhadap limpasan permukaan pada DAS Belumai. Nilai hujan efektif tersebut selanjutnya digunakan sebagai input dalam pembentukan hidrograf banjir rancangan. Dari hasil analisis menggunakan metode HSS Snyder, diperoleh debit banjir rancangan dengan debit puncak terjadi sekitar jam ke-9 dengan nilai debit puncak banjir yang dihasilkan berturut-turut untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 303,616 m<sup>3</sup>/dt; 427,894 m<sup>3</sup>/dt; 513,898 m<sup>3</sup>/dt; 626,475 m<sup>3</sup>/dt; 713,323 m<sup>3</sup>/dt; dan 802,695 m<sup>3</sup>/dt. Sedangkan berdasarkan analisis menggunakan metode HSS SCS, diperoleh debit banjir rancangan dengan debit puncak yang terjadi sekitar jam ke-10 dengan nilai debit puncak banjir yang diperoleh untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun berturut-turut sebesar 216,716 m<sup>3</sup>/dt; 293,575 m<sup>3</sup>/dt; 346,694 m<sup>3</sup>/dt; 416,263 m<sup>3</sup>/dt; 469,839 m<sup>3</sup>/dt; dan 525,012 m<sup>3</sup>/dt. Hasil perbandingan antara metode HSS Snyder dan HSS SCS menunjukkan bahwa metode Snyder menghasilkan nilai debit banjir yang lebih besar dibandingkan metode SCS pada semua periode kala ulang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan pendekatan dalam pembentukan hidrograf, di mana metode Snyder lebih dipengaruhi oleh parameter morfometri DAS seperti panjang sungai dan luas daerah aliran sungai, sedangkan metode SCS menggunakan pendekatan hidrograf satuan tak berdimensi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, metode HSS Snyder memberikan estimasi debit banjir yang lebih besar sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengendalian banjir pada DAS Belumai untuk mempertimbangkan kondisi debit banjir maksimum yang mungkin terjadi.

#### REFERENSI

- [1] K. Amri, M. H. Ramadhan, and M. Fauzi, "ANALISIS DEBIT PUNCAK PADA DAS AIR MANNA BAGIAN HILIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIS (HSS) SNYDER DAN HEC-RAS 5.0.7," *JURNAL TEKNIK SIPIL CENDEKIA (JTSC)*, vol. 2, no. 2, pp. 216–231, Jul. 2021, doi: 10.51988/jtsc.v2i2.32.
- [2] Ven Te Chow, *Applied Hydrology*. New York: Mc Graw Hill Company, 1988.
- [3] A. Sarminingsih, "Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan," *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 15, no. 1, pp. 53–61, Mar. 2018, doi: 10.14710/JIS.
- [4] A. Abyuliani, A. Zakaria, and A. Sari, "PEMODELAN GENANGAN BANJIR SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA MENGGUNAKAN HEC-RAS (STUDI KASUS: SUNGAI KELEKAR KOTA PRABUMULIH)," *Datum: Journal of Geodesy and Geomatics*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, Jun. 2025, doi: 10.23960/datum.v5i1.6814.
- [5] "Snyder Unit Hydrograph Model." Accessed: Mar. 16, 2026. [Online]. Available: [https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/transform/snyder-unit-hydrograph-model?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/transform/snyder-unit-hydrograph-model?utm_source=chatgpt.com)
- [6] D. K. Natakusumah, W. Hatmoko, and D. Harlan, "Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 18, no. 3, pp. 251–291, Dec. 2011, doi: 10.5614/jts.2011.18.3.6.
- [7] C. Christopher, B. M. Ginting, D. Yudianto, and A. Wicaksono, "Perbandingan Debit Limpasan Langsung antara Pendekatan Model Numerik dan Konvolusi Hidrograf Satuan Sintetis," *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, vol. 28, no. 1, pp. 19–31, Jul. 2022, doi: 10.14710/mkts.v28i1.42309.





- [8] R. I. Siregar and I. Indrawan, "STUDI KOMPARASI PEMODELAN 1-D (SATU DIMENSI) DAN 2-D (DUA DIMENSI) DALAM MEMODELKAN BANJIR DAS CITARUM HULU," *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, vol. 3, no. 2 DESEMBER, pp. 31–37, Dec. 2017, doi: 10.24114/eb.v3i2.8255.
- [9] O. Hotimah, E. Adelia, M. Musoffa, and S. Debora, "FLOOD FACTORS AND HANDLING: CASE STUDY OF INDONESIA AND THE PHILIPPINES," *Multidisciplinary Indonesian Center Journal (MICJO)*, vol. 2, no. 3, pp. 3305–3310, Jul. 2025, doi: 10.62567/micjo.v2i3.855.
- [10] V. Djoharam, W. Widiatmaka, M. Marimin, D. R. Panuju, and S. D. Tarigan, "Model Pengelolaan Banjir: Systematic Review dan Arahan untuk Masa Depan," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 20, no. 3, pp. 524–545, Jul. 2022, doi: 10.14710/jil.20.3.524-545.
- [11] S. Permana and R. Nurhakim, "Pemodelan Dampak Banjir Dengan HEC-HMS dan HEC-RAS di DAS Cimanuk," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 2, pp. 544-555–544–555, Nov. 2025, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-2.2795.
- [12] N. Achmad and T. Widyasari, "ANALISIS PERBANDINGAN DEBIT RANCANGAN MENGGUNAKAN METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIS SNYDER, ITB-2 DAN LIMANTARA, STUDI KASUS SUNGAI CODE YOGYAKARTA," *RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL*, vol. 5, no. 1, p. 10, Apr. 2020, Accessed: Mar. 17, 2026. [Online]. Available: <https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/TS/article/view/1267>
- [13] M. I. Pratama, F. I. W. Rohmat, M. Farid, M. B. Adityawan, A. A. Kuntoro, and I. R. Moe, "Flood hydrograph simulation to estimate peak discharge in Ciliwung river basin," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 708, no. 1, p. 012028, Apr. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/708/1/012028.
- [14] I. G. Tunas, N. Anwar, and U. Lasminto, "The Improvement of Synthetic Unit Hydrograph Performance by Adjusting Model Parameters for Flood Prediction," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 847–858, Apr. 2017, doi: 10.21817/ijet/2017/v9i2/170902163.
- [15] M. S. S. Dewi *et al.*, "Analysis of Flood Hydrograph Metro Sub Watershed with Synthetic Unit Hydrograph Snyder and SCS (Soil Conservation Service) Methods," *E3S Web of Conferences*, vol. 445, p. 01027, Nov. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202344501027.
- [16] H. Dotal, "Using morphometric analysis for assessment of flash flood susceptibility in the Mediterranean region of Turkey," *Environmental Monitoring and Assessment 2023 195:5*, vol. 195, no. 5, pp. 582–, Apr. 2023, doi: 10.1007/S10661-023-11201-0.
- [17] "Modification of Snyder Synthetic Unit Hydrograph Model," *Journal of Hunan University Natural Sciences*, vol. 51, no. 10, 2024, doi: 10.55463/ISSN.1674-2974.51.10.9.
- [18] S. Verma, R. K. Verma, S. K. Mishra, A. Agarwal, and N. K. Sharma, "Improved SCS-CN Methodology Incorporating Storm Duration and Temporally Decaying Retention for Enhanced Runoff Prediction," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 29, no. 6, p. 04024045, Dec. 2024, doi: 10.1061/JHYEFF.HEENG-6257;WGROU:STRING:PUBLICATION.
- [19] A. R. M. T. Islam *et al.*, "Predicting flood risks using advanced machine learning algorithms with a focus on Bangladesh: influencing factors, gaps and future challenges," *Earth Science Informatics 2025 18:3*, vol. 18, no. 3, pp. 300–, Feb. 2025, doi: 10.1007/S12145-025-01816-X.
- [20] C. Spence *et al.*, "A review of the Prediction in Ungauged Basins (PUB) decade in Canada," *Canadian Water Resources Journal*, vol. 38, no. 4, pp. 253–262, Dec. 2013, doi: 10.1080/07011784.2013.843867.
- [21] J. Teng, A. J. Jakeman, J. Vaze, B. F. W. Croke, D. Dutta, and S. Kim, "Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis," *Environmental Modelling & Software*, vol. 90, pp. 201–216, Apr. 2017, doi: 10.1016/J.ENVSOF.2017.01.006.
- [22] F. Kratzert, D. Klotz, M. Herrnegger, A. K. Sampson, S. Hochreiter, and G. S. Nearing, "Toward Improved Predictions in Ungauged Basins: Exploiting the Power of Machine Learning," *Water Resour. Res.*, vol. 55, no. 12, pp. 11344–11354, Dec. 2019, doi: 10.1029/2019WR026065; REQUESTEDJOURNAL: JOURNAL:19447973;ISSUE:ISSUE:DOI.