

---

# Estimasi Debit Puncak Menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Sungai Kayan Kabupaten Bulungan

Asta\*<sup>1</sup>, Nurjaya<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan  
E-mail : <sup>1</sup>asta.ubt@gmail.com

Received 18 Agustus 2019; Reviewed 07 September 2019; Accepted 28 November 2019  
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

---

## Abstract

*The Kayan Watershed in Bulungan Regency is the largest river in North Kalimantan which has the potential for flooding in several irrigated points. Kayan River is a flood-prone area and prioritized to be handled immediately because there is already a smooth life for the community. Potentially need to know the great potential of flooding in the Kayan River. To find out the relationship between flood discharge and flood time, the Synthetic Unit Hydrograph calculation method is used. The aim is to determine the shape and results of peak discharge in Synthetic Unit Hydrograph Y (SUH). This study uses a debit calculation in the Kayan watershed using Snyder HSS and Nakayasu HSS. From the calculation results obtained Snyder SUH peak discharge of 118.0 m<sup>3</sup>/sec at 73.85 hours, and Nakayasu SUH has a peak discharge of 109.35 m<sup>3</sup>/sec at 54.09 hours.*

**Keywords:** Kayan river, SUH, flood discharge, Snyder, Nakayasu

## Abstrak

*Daerah Aliran Sungai (DAS) Kayan di Kabupaten Bulungan merupakan sungai terbesar di Kalimantan Utara yang mempunyai potensi banjir di sejumlah titik. Sungai Kayan menjadi daerah yang berpotensi banjir dan diprioritaskan untuk segera ditangani karena akan mengganggu kelancaran kehidupan masyarakat disekitarnya. Sehingga perlu diketahui besar potensi banjir di Sungai Kayan. Untuk mengetahui hubungan antara debit banjir dan waktu puncak banjir digunakan metode perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS). Tujuan adalah mengetahui bentuk dan hasil debit puncak pada Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Penelitian ini menggunakan perhitungan debit pada DAS Kayan menggunakan HSS Snyder dan HSS Nakayasu. Dari hasil perhitungan diperoleh debit puncak HSS Snyder sebesar 118,0 m<sup>3</sup>/det pada waktu 73,85 jam, dan HSS Nakayasu memiliki debit puncak sebesar 109,35 m<sup>3</sup>/det pada waktu 54,09 jam.*

**Kata kunci :** DAS Kayan, HSS, Debit Banjir, Snyder, Nakayasu

## 1. Pendahuluan

Sungai Kayan adalah sungai terbesar di Kalimantan Utara dengan panjang sungai utama mencapai 576 Km dan luas 33.005 Km<sup>2</sup> (studi terdahulu rancangan pola PSDA WS.Kayan 2009). Sungai ini mempunyai potensi banjir di sejumlah titik yang dialiri. Banjir tersebut juga disebabkan oleh karakteristik DAS Kayan yang mempunyai 3 area penampungan hujan di hulu dan hanya memiliki satu aliran sungai utama. Karakteristik lain yang memicu terjadinya banjir adalah tanah di bagian hulu berupa tanah podsol berwarna coklat hasil bentukan hujan. Tanah ini rentan akan curah hujan yang mengakibatkan erosi dan terikut oleh arus air.

Sungai Kayan menjadi daerah rawan banjir dan harus dijadikan prioritas untuk segera ditangani, hal ini dikarenakan banjir yang terjadi sudah mengganggu dan merusak kelancaran ekonomi, sarana dan prasarana kehidupan masyarakat. Sehingga perlu diketahui seberapa besar potensi banjir di Sungai Kayan. Oleh karena hal ini, debit aliran sungai merupakan hal yang sangat penting untuk dikaji dalam prakiraan banjir. Metode hidrologi yang banyak digunakan untuk menganalisis debit sungai untuk prakiraan banjir adalah hidrograf satuan.

Hidrograf satuan tersebut dapat dibuat apabila tersedia data seperti data rekaman Automatic Water Level Recorder (AWLR), data pengukuran debit, dan juga data hujan. Akan tetapi, data-data tersebut tidak selalu ada pada tiap wilayah. Sehingga dikembangkan suatu metode prakiraan banjir yang disebut hidrograf satuan sintetis (HSS).

Hidrograf satuan sintetis (HSS) adalah salah satu perhitungan debit puncak yang menggunakan karakteristik DAS sebagai parameternya. Terdapat banyak sekali model hidrograf satuan sintetis yang telah dikembangkan baik di Indonesia maupun di luar negeri, untuk mengatasi ketersediaan data di wilayah-wilayah yang akan dikaji. Metode hidrograf satuan sintetis yang saat ini umum digunakan di Indonesia antara lain adalah metode Snyder, Snyder-Alexeyev, Nakayasu, GAMA1, HSS- $\alpha\beta\gamma$  dan Limantara. metoda HSS Snyder, HSS GAMA-1, dan HSS Nakayasu. Metoda HSS Snyder dan HSS Nakayasu dikembangkan diluar negeri, sedangkan metode HSS GAMA-1 adalah perhitungan hidrograf satuan sintetis yang pertama dikembangkan di Indonesia tepatnya di Universitas Gajah Mada.

Teori klasik hidrograf satuan berasal dari hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Hubungan tersebut merupakan salah satu komponen model *watershed* yang umum. Teori hidrograf satuan merupakan penerapan pertama teori system linier dalam hidrologi (Soemarto,1987 dalam Bambang Triatmodjo,2008). Sherman pada 1932 (dalam Bambang Triatmodjo,2008) mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat diujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu.

Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan yang terjadi merata diseluruh DAS dan dengan intensitas tetap dan dalam satuan waktu yang ditetapkan (Sri Harto,1993). Hidrograf satuan ini sangat dipengaruhi oleh dua hal yaitu karakteristik DAS dan iklim. Karakteristik DAS yang dimaksud adalah morfometri DAS yang terdiri dari luas DAS, median elevasi, kemiringan sungai, Panjang sungai utama, dll. Unsur iklim yang sangat berpengaruh terhadap bentuk hidrograf satuan karakteristik dari hujan. Karakteristik hujan ini dapat berupa curah hujan total, intensitas hujan, lama waktu hujan, penyebaran hujan dan suhu (Asdak,2007).

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus-menerus tiada henti-hentinya. Sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas ini maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain dan prosesnya disebut penguapan (*evaporation*).

Hidrologi secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah. Dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah yang lebih rendah sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut. Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak diatas muka tanah. Aliran ini biasanya akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju ke sistem jaringan sungai, sistem danau ataupun waduk. (Linsey,dkk,1982).

Sebagian air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan (*surface run off*). Aliran permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah menjadi aliran bawah permukaan melalui proses infiltrasi (*infiltration*), dan perkolasi (*percolation*), selebihnya terkumpul didalam jaringan alur sungai (*river flow*). Apabila kondisi tanah memungkinkan, sebagian air infiltrasi akan mengalir kembali ke dalam sungai (*river*), atau genangan lainnya seperti waduk, danau sebagai *interflow*. Sebagian dari air dalam tanah dapat muncul lagi ke permukaan tanah sebagai air eksfiltrasi dan dapat berkumpul lagi dalam alur sungai atau langsung menuju ke laut. (Soewarno, 2000). Siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air dari laut. Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut terkondensasi membentuk awan pada akhirnya dapat menghasilkan presipitasi. Presipitasi jatuh ke bumi menyebar dengan arah yang berbeda-beda dalam beberapa cara. Sebagian besar dari presipitasi tersebut sementara tertahan pada tanah di dekat tempat ia jatuh, dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh penguapan (evaporasi) dan pemeluhan (transpirasi) oleh tanaman. Sebagian air mencari jalannya sendiri melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju sungai, sementara lainnya menembus masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Di bawah pengaruh gaya gravitasi, baik aliran air permukaan (*surface streamflow*) maupun air dalam tanah bergerak ke tempat yang lebih rendah yang dapat mengalir ke laut. Namun, sejumlah besar air permukaan dan air tanah dikembalikan ke atmosfer oleh penguapan dan pemeluhan (transpirasi) sebelum sampai ke laut. .

Sungai merupakan sumber air di darat yang paling dominan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Air yang jatuh ke permukaan tanah kemudian mengalir membentuk suatu alur dari hulu ke hilir, yang disebut sebagai daerah aliran sungai (DAS). Karakteristik DAS sangat mempengaruhi besar kecilnya aliran. Besar kecilnya aliran atau debit suatu DAS dapat dihitung dari data pencatatan curah hujan pada stasiun pengamatan curah hujan yang terdekat di kawasan tersebut. Variabel debit sungai dapat dipakai sebagai dasar kemungkinan debit masukan yang memadai bagi suatu kapasitas waduk tertentu. Daerah aliran sungai diartikan juga sebagai wilayah sungai yang dipisahkan dari wilayah lain oleh pemisah topografi yang berupa punggung bukit, tempat air hujan jatuh di wilayah tersebut, mengalir dan meresap menuju ke sungai dan mengalir ke laut. Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan disebut batas daerah aliran sungai. Luas daerah aliran sungai dapat dihitung dengan menggunakan peta topografi (Suyono Sosrodarsono dalam Muhammad Fajar Angga Safrida, 2014).

Hujan merupakan salah satu penyebab alami banjir. Banjir terjadi akibat aliran langsung (*direct runoff*) yang terakumulasi dan tidak mampu ditampung oleh waduk ataupun saluran. Dalam memprediksi banjir, debit banjir rencana dapat diturunkan dari data curah hujan. Data curah hujan didapatkan dari stasiun hujan yang dipilih setelah dilakukan uji jaringan curah hujan, yang biasanya dilakukan dengan cara Kagan, yaitu dengan memilih stasiun yang terletak dititik segitiga sama sisi Kagan yang Panjang sisinya dihitung dari korelasi jarak antar stasiun DAS.

Cara mudah dalam pengambilan data hujan yang setiap hari turun dapat menggunakan *Automatic Rainfall Recorder* (ARR) yang dilengkapi dengan pencatat jumlah akumulasi hujan terhadap waktu dalam bentuk grafik. Ada tiga jenis alat penakar hujan otomatis yang biasa digunakan yaitu *Weighing Bucket*, *Tipping Bucket* and *Flood*. Sedangkan pengambilan data tinggi muka air biasanya menggunakan *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) yaitu alat untuk mengukur tinggi muka air pada sungai, danau, ataupun aliran irigasi. AWLR merupakan alat pengganti sistem pengukuran tinggi air konvensional dimana perekaman data masih dilakukan secara manual sehingga sistem pengukuran dan penyimpanan data tidak tepat dan akurat. Alat ini banyak digunakan pada pengukuran parameter dalam kegiatan hidrologi pada daerah aliran sungai, pembuatan sumur patau, pertambangan dan lain-lain.

Dengan AWLR kita dapat melakukan berbagai aplikasi dibidang hidrologi seperti dapat mengetahui suatu kondisi suatu DAS serta dapat berfungsi juga sebagai sistem peringatan dini

terhadap banjir pada suatu DAS. Data dari stasiun hujan terpilih selanjutnya diuji untuk mengetahui kepenggunaan data yang tercatat. Hal ini diperlukan untuk mengantisipasi adanya data yang tidak valid akibat pencatatan maupun hal lainnya. Stasiun hujan dengan data yang dianggap pangkah dapat digunakan datanya untuk perhitungan hidrologi. Dalam perencanaan, data hujan dari stasiun hujan ditransformasi menjadi hujan wilayah. Hujan wilayah diperlukan untuk menentukan besarnya debit yang dihasilkan akibat hujan yang jatuh pada luasan tertentu berdasarkan stasiun hujan yang dianggap mewakili luasan tersebut.

Perhitungan debit pada tahap selanjutnya data hujan harian dicari pola gihan jam-jamnya Pola agihan hujan menggambarkan intensitas hujan yang turun tiap jam dalam bentuk hidrograf. Dari hidrograf dapat diketahui waktu puncak terjadinya hujan yang digunakan sebagai dasar intensitas hujan rencana. Sebelum diturunkan menjadi debit, perlu dilakukan pengurangan hujan rencana akibat adanya proses infiltrasi. Hujan yang telah dikurangi infiltrasi disebut sebagai hujan sisa (*excess rainfall*) yang kemudian mengalir di permukaan tanah dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah dan penutup lahan, jenis tanah dan *moisture content* (Chow, dkk 1988). Aliran di permukaan tanah akan terakumulasi di saluran dan berubah menjadi aliran yang dinamakan aliran di alur sungai (*channel flow*).

Hujan wilayah adalah rata-rata curah hujan diseluruh daerah pengamatan, bukan curah hujan dari 1 titik pengamatan. Satu titik pengukuran curah hujan tidak dapat mewakili volume curah hujan yang jatuh pada suatu tempat. Cara perhitungan curah hujan wilayah dari pengamatan hujan di beberapa titik dibagi menjadi tiga metode yaitu metode rerata aritmatik, metode Poligon Thiessen dan metode Isohiet (Bambang Triatmodjo, 2008)

Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu ( $x_T$ ) akan disamai atau dilampaui dalam jangka waktu misalnya 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, dan 1000 tahun sekali (Bambang Triatmodjo, 2010). Perhitungan hujan periode ulang dimaksudkan untuk menghitung hujan rencana. Hujan rencana akan digunakan sebagai data masukan untuk perhitungan hidrograf. Perhitungan periode ulang didasarkan pada analisis distribusi frekuensi.

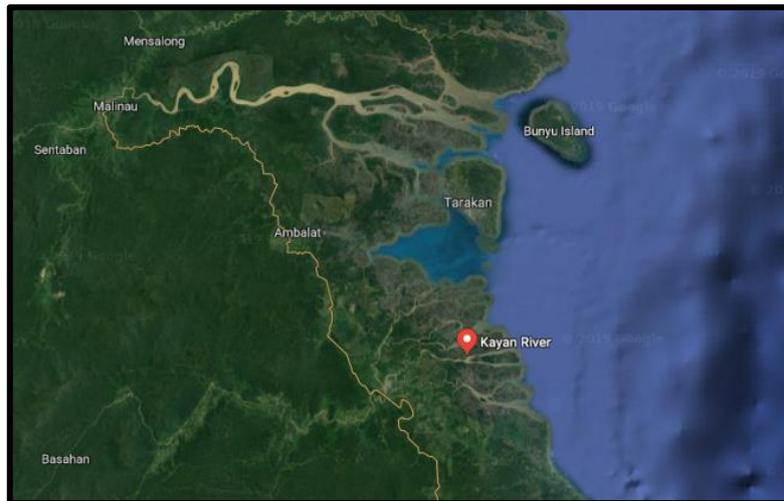
Analisis distribusi frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Ada beberapa bentuk fungsi distribusi yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi seperti Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III. Istilah *hydrograph* (hidrograf) digunakan untuk menyebut suatu grafik (kurva) yang menggambarkan fluktuasi naik dan turunnya aliran air pada lokasi tertentu di sungai sebagai fungsi waktu. SCS (1989) mendefinisikan hidrograf sebagai berikut: “ *A hydrograph is a graph showing stage, discharge, velocity, or other properties of water flow with respect to time*”. Hidrograf adalah suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air (*stage*) atau tma, debit (*discharge, flow, streamflow*), kecepatan (*velocity*) atau karakteristik aliran air terhadap waktu. Debit menyatakan volume air per satuan waktu tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah perapannya, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik control.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini lokasi penelitian dilakukan pada DAS Kayan Kabupaten Bulungan. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 1 Lokasi Penelitian**

## 2.2. Data Penelitian

Pada Penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian besar yakni pengumpulan data, Analisa data (perhitungan data), dan kesimpulan hasil analisis. Data yang diperlukan dalam penyelesaian penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari BMKG Tanjung Selor dan DPUTR Provinsi Kalimantan Utara. Data-data tersebut diantaranya :

1. Data curah hujan DAS Kayan dengan periode waktu dari tahun 2007 sampai tahun 2016.
2. Data deskripsi DAS Kayan, dan data-data penunjang lainnya

## 2.3. Pengolahan data

Perhitungan pertama akan mencari curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode rerata aritmatik aljabar, lalu menghitung analisis frekuensi curah hujan , kemudian analisis curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi Log Pearson III, selanjutnya menghitung uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dan mencari distribusi curah hujan jam-jaman dengan metode Mononobe, setelah itu baru bisa mencari bentuk serta debit puncak dengan metode HSS Snyder dan HSS Nakayasu.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data studi Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kaltara Sungai kayan adalah sungai terbesar di Kalimantan Utara, dengan Panjang sungai utama mencapai 576 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah 33.005 km<sup>2</sup>. Sungai Kayan letaknya diapit oleh 2 wilayah sungai Berau-Kelai dan wilayah Sungai Mahakam. Wilayah administrasi yang terkait dalam wilayah Sungai Kayan terletak sebagian besar pada wilayah administrasi Kabupaten Malinau, Kabupaten Bulungan dan sebagian kecil masuk pada wilayah Kabupaten Berau dan Kabupaten Kutai Kertanegara. Keempat wilayah kabupaten tersebut secara astronomi terletak pada posisi 114<sup>0</sup>12' – 118<sup>0</sup>2' Bujur Timur dan 3<sup>0</sup>54' – 1<sup>0</sup>6' Lintang Utara.

### 3.1. Kondisi Fisik DAS Kayan

#### 3.1.1 Geologi

Keadaan geologi di wilayah pekerjaan dalam Wilayah Sungai Kayan didominasi oleh batuan sedimen liat berlempung, disamping itu juga terdapat kandungan batuan endapan tersier dan batuan

endapan kwarter. Formasi batuan endapan utama terdiri dari batuan pasir kwarsa dan batuan liat. Dari struktur geologi, di daerah Wilayah Sungai Kayan banyak dijumpai patahan dan lipatan yang terdapat di daerah pantai.

### 3.1.2. Geomorfologi

Sebagian besar wilayah hulu, tengah dan hilir Sungai Kayan yang wilayah mencakup Kabupaten Malinau dan Kabupaten Bulungan didominasi oleh sebaran jenis batuan komposisi lithologi batuan beku / malihan yang bersifat kedap terhadap resapan air.

### 3.1.3. Hidroklimatologi

Berdasarkan pengamatan di Stasiun Iklim Tanjung Selor, memberikan data suhu udara rata – rata bulanan di wilayah hilir sebagai berikut, untuk suhu minimum berkisar 22,50 – 22,80°C dan untuk suhu maksimum berkisar 34,50 – 34,90°C, serta tinggi curah hujan rata – rata bulanan mencapai nilai antara 210 – 265 mm. (sumber data: Kabupaten Bulungan Dalam Angka 2008).

### 3.1.4. Hidrogeologi

Sebagian besar wilayah Sungai Kayan tertutup jenis batuan beku/malihan yang bersifat tidak dapat menyimpan air, sehingga terkondisi dapat menyimpan air tergantung lapisan humus yang terbentuk oleh hutan tutupan lahan. Keadaan kondisi daerah tersebut diatas menjadi sangat rawan terhadap perubahan daerah menjadi daerah lahan lolos air bila hutan tutupan lahan rusak, gundul dan atau terbakar.

## 3.2. Analisis Hidrologi

### 3.2.1. Curah hujan harian maksimum

Data curah hujan yang digunakan tercatat mulai tahun 2007 sampai 2016. Dari curah hujan harian maksimum dilakukan perhitungan untuk mengetahui rata-rata curah hujan harian maksimum setiap tahunnya pada DAS Kayan. Metode yang digunakan adalah metode rata-rata aljabar dikarenakan jumlah stasiun hujan yang sedikit. Berdasarkan data perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan terendah terjadi pada tahun 2012 dengan curah hujan sebesar 82.6 mm dan curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2017 dengan curah hujan sebesar 155.7 mm.

**Tabel 1. Urutan data curah hujan maksimum tahunan**

No.	Tahun	Hujan Maksimum
1	2008	86.1
2	2009	153.0
3	2010	89.6
4	2011	125.5
5	2012	82.6
6	2013	113.1
7	2014	102.4
8	2015	125.3
9	2016	124.0
10	2017	155.7

### 3.2.2. Analisis frekuensi curah hujan

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian masa lalu.

**Tabel 2. Analisis frekuensi curah hujan**

Data	Curah hujan (Xi)	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) <sup>2</sup>	(Xi-Xr) <sup>3</sup>	(Xi-Xr) <sup>4</sup>
1	82.6	-33.13	1097.5969	-36363.3853	1204718.955
2	86.1	-29.63	877.9369	-26013.27035	770773.2004
3	89.6	-26.13	682.7769	-17840.9604	466184.2952
4	102.4	-13.33	177.6889	-2368.593037	31573.34518
5	113.1	-2.63	6.9169	-18.191447	47.84350561
6	124.0	8.3	68.3929	565.61	4677.59
7	125.3	9.57	91.5849	876.467493	8387.79
8	125.5	9.77	95.4529	932.574833	9111.256118
9	153.0	37.3	1389.0529	51770.00	1929467.96
10	155.7	39.97	1597.6009	63856.10797	2552328.636
Jumlah Rata- Rata (Xr)	1157.3		6085.001	35396.36064	6977270.873

### 3.2.3. Analisis jenis distribusi

Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan dalam menetapkan periode ulang/ returny (analisis frekuensi) maka dicari parameter statistic dari data curah hujan wilayah baik secara normal maupun secara logaritmik. Langkah yang ditempuh adalah dengan menggunakan data yang terkecil sampai data yang terbesar. Dari hasil analisis diperoleh nilai untuk masing-masing parameter statistik. Dari data analisis frekuensi curah hujan yang telah dihitung metode perhitungan curah hujan rencana jenis distribusi yang digunakan yaitu distribusi Log Pearson III.

### 3.2.4. Analisis curah hujan rancangan dengan metode distribusi Log Pearson III

Adapun faktor-faktor yang diperoleh untuk perhitungan log pearson III adalah sebagai berikut :

- Rata-rata curah hujan (Xr) dengan nilai 115.73
- Standar deviasi dengan nilai 26.002
- Variabel reduksi berdasarkan koefisien kemencengan (K)

Selanjutnya dari ketiga faktor tersebut dapat dilakukan perhitungan analisis curah hujan rencana dengan metode Log Pearson III.

**Tabel 3. Analisis curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III**

Periode Ulang	Xr	K	S	Curah hujan (mm)
2	115.73	-0.058	26.002	114.22188
5	115.73	0.824	26.002	137.15576
10	115.73	1.309	26.002	149.76680
25	115.73	1.849	26.002	163.80795
50	115.73	2.211	26.002	173.22073
100	115.73	2.544	26.002	181.87944

### 3.2.5. Uji Kesesuaian Distribusi Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametric (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $D_{max} = 0,202$ . Sedangkan nilai  $D$  Kritis Smirnov-Kolmogorov didapatkan  $D_{cr}(0,05) = 0,41$ .

### 3.2.6. Distribusi hujan jam-jaman

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman menggunakan metode Mononobe. Dari hasil perhitungan, akan diperoleh curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dimana pendistribusian hujan jam-jaman ini akan dimasukkan ke dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis sehingga dapat diketahui besarnya debit banjir akibat hujan.

**Tabel 4. Perhitungan distribusi hujan jam-jaman**

Waktu (Jam)	Pola Hujan Jam-Jaman				Curah Hujan Rencana (mm)					
	R <sub>t</sub>		R <sub>t</sub>		2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun
1	0.5503	R <sub>24</sub>	0.5503	R <sub>24</sub>	28.29	33.97	37.09	40.57	42.90	45.04
2	0.3467	R <sub>24</sub>	0.1430	R <sub>24</sub>	7.35	8.83	9.64	10.54	11.15	11.71
3	0.2646	R <sub>24</sub>	0.1003	R <sub>24</sub>	5.16	6.19	6.76	7.39	7.82	8.21
4	0.2184	R <sub>24</sub>	0.0798	R <sub>24</sub>	4.10	4.92	5.38	5.88	6.22	6.53
5	0.1882	R <sub>24</sub>	0.0674	R <sub>24</sub>	3.47	4.16	4.54	4.97	5.26	5.52
6	0.1667	R <sub>24</sub>	0.0590	R <sub>24</sub>	3.03	3.64	3.98	4.35	4.60	4.83
Hujan Rancangan					114.22	137.16	149.77	163.81	173.22	181.88
Koefisien pengaliran					0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Hujan Efektif					51.39	61.71	67.39	73.70	77.94	81.84

### 3.3. Hidrograf Satuan Sintetis

Teori klasik hidrograf satuan berasal dari hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Hubungan tersebut merupakan salah satu komponen model watershed yang umum. Teori hidrograf satuan merupakan penerapan pertama teori system linier dalam hidrologi (Soemarto, 1987). Di daerah dimana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis (HSS) yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. HSS Snyder dan HSS Nakayasu adalah dua metode yang biasa digunakan.

#### 3.3.1. Hidrograf Satuan Sintetis Snyder (HSS)

Dalam permulaan tahun 1938, F.F. Snyder dari Amerika Serikat, telah mengembangkan rumus dengan koefisien-koefisien empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran (C.D. Soemarto, 1999). Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan cukup baik pada tinggi  $d=1$ mm, dan dengan ketiga unsur yang lain, yaitu  $Q$  (m<sup>3</sup>/detik),  $T_b$  serta  $t_r$  (jam). Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>), Panjang aliran utama (km) dan jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama (C.D. Soemarto, 1999). Berikut hasil perhitungan dengan

menggunakan parameter-parameter tertentu didapatkan nilai debit puncak terlampir pada tabel dibawah.

**Tabel 5. Parameter hidrograf satuan sintetis Snyder**

Variabel/parameter	Notasi	Asal/Rumus	Nilai	Satuan
Luas DAS	A	Data	33005	km <sup>2</sup>
Panjang Sungai Utama	L	Data	576,00	km
Jarak titik berat DAS-outlet	Lc	Data	270,00	km
Durasi hujan satuan	Tr	Teori	1	Jam
Tinggi hujan satuan	H	Teori	1	Jam
Waktu dari titik berat hujan ke puncak	t <sub>p</sub>	$C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0.3}$	70,40	Jam
Durasi curah hujan efektif	Te	tp/5,5	12,80	Jam
Waktu dari mulai hujan ke puncak	Tp	$tp + (tr/2)$	73,85	Jam
Debit puncak	Qp	qp.A	118,0	m <sup>3</sup> /det
Parameter rumus a	λ	$(Q_p \times T_p)$	0,95	Metrik
Parameter Rumus Y	a	$\frac{(h \times A)}{1,32\lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045}$	1,38	Metrik
Rumus X	X	t/TP	1,000	Metrik
Rumus Y	Y	$10^{-a(1-x)^2/x}$	1,000	Metrik
Q	Q	Y.Qp	118,0	m <sup>3</sup> /det

**Tabel 6. Debit banjir rancangan berbagai periode ulang**

No	Periode Ulang	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
1.	2 tahun	6057,04
2.	5 tahun	7273,19
3.	10 tahun	7941,94
4.	25 tahun	8686,52
5.	50 tahun	9185,67
6.	100 tahun	9644,83

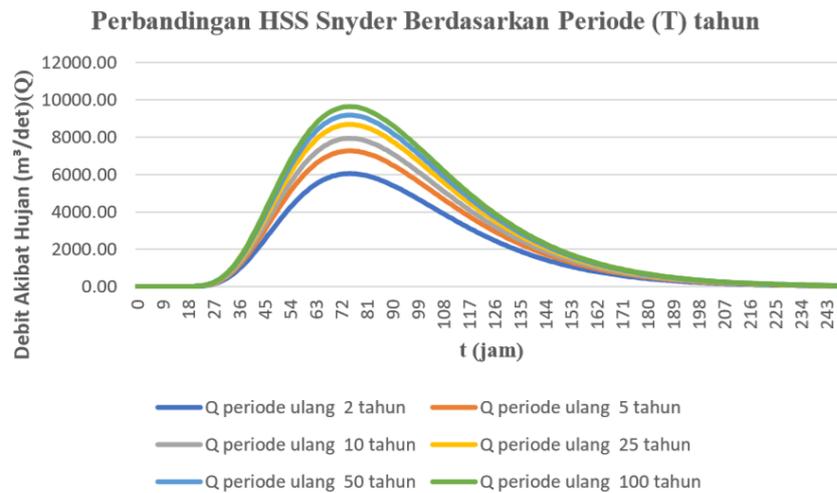
Adapun grafik perbandingan debit hidrograf satuan sintetis Snyder berdasarkan hujan rencana dari periode ulang 2 tahun – 100 tahun dapat dilihat pada gambar berikut.

### 3.3.2. Hidrograf satuan sintetis Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak)
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
- Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph)

- d. Luas daerah aliran sungai
- e. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest channel).



**Gambar 2. Grafik hidrograf satuan sintesis (HSS) Snyder berdasarkan hujan rencana periode ulang 2 tahun – 100 tahun**

Agar perhitungan parameter hidrograf diatas mudah dipahami, berikut rekapitulasi perhitungan hidrograf satuan sintesis Nakayasu.

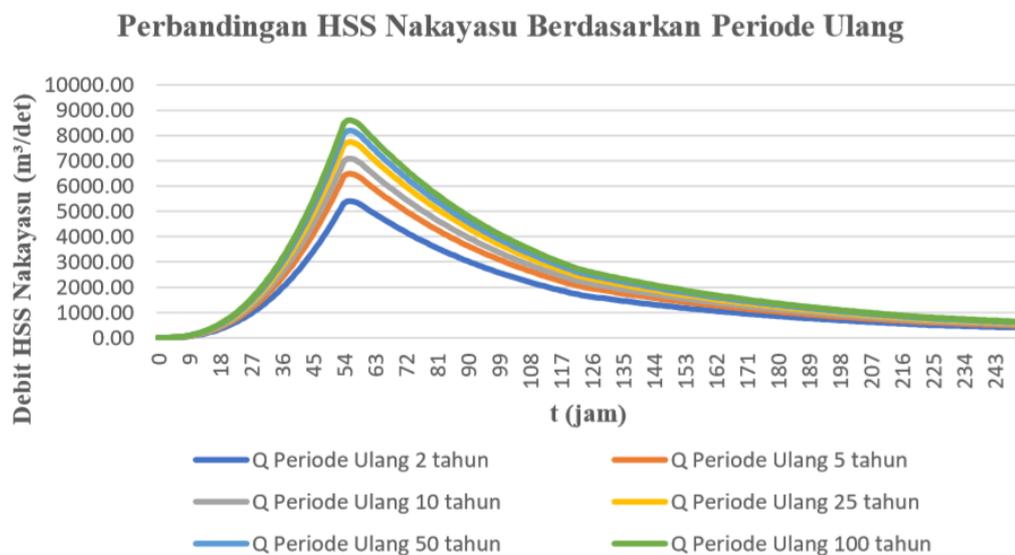
**Tabel 7. parameter hidrograf satuan sintesis Nakayasu**

Variabel/parameter	Notasi	Asal/Rumus	Nilai	Satuan
Luas DAS	CA	Data	33005	km <sup>2</sup>
Panjang Sungai Utama	L	Data	576,00	km
Harga satuan	R <sub>o</sub>	Teori	1,00	mm
Waktu konsentrasi hujan	t <sub>r</sub>	0,5 x t <sub>g</sub>	25,36	jam
Waktu permulaan hujan sampai puncak banjir	T <sub>p</sub>	t <sub>g</sub> + 0,8 t <sub>r</sub>	54,09	jam
Waktu penurunan debit	T <sub>0,3</sub>	α x t <sub>g</sub>	67,62	jam
Debit maksimum	Q <sub>p</sub>	CA . R <sub>o</sub>	109,35	m <sup>3</sup> /det
Kurva naik (t=30 jam)	Q <sub>t</sub>	$\frac{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})}{Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}}$	26,57	m <sup>3</sup> /det
Kurva turun pertama (t=90 jam)	Q <sub>t1</sub>	$\frac{t - T_p}{Q_p \cdot 0,3 T_{0,3}}$	57,69	m <sup>3</sup> /det
Kurva turun kedua (t=180 jam)	Q <sub>t2</sub>	$\frac{t - T_p + (0,5 \cdot T_{0,3})}{Q_p \cdot 0,3 \cdot 1,5 T_{0,3}}$	16,42	m <sup>3</sup> /det
Kurva turun ketiga (t=240 jam)	Q <sub>t3</sub>	$\frac{t - T_p + (1,5 T_{0,3})}{Q_p \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot T_{0,3}}$	8,47	m <sup>3</sup> /det

**Tabel 8. Debit banjir rancangan berbagai periode ulang**

No	Periode Ulang	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
1.	2 tahun	5401,87
2.	5 tahun	6486,48
3.	10 tahun	7082,89
4.	25 tahun	7746,94
5.	50 tahun	8192,10
6.	100 tahun	8601,59

Dibawah ini grafik perbandingan debit hidrograf satuan sintetis Nakayasu berdasarkan hujan rencana dari periode ulang 2 tahun – 100 tahun dapat dilihat pada gambar berikut.

**Gambar 3. Grafik hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu berdasarkan hujan rencana periode ulang 2 tahun – 100 tahun.**

Berikut rekapitulasi perhitungan menggunakan HSS Snyder dan HSS Nakayasu dan juga perbandingan antara parameter HSS Snyder dan Parameter HSS Nakayasu.

**Tabel 9. Rekapitulasi Debit Puncak HSS Snyder dan HSS Nakayasu**

No	Kala Ulang (tahun)	Metode Snyder m <sup>3</sup> /det	Metode Nakayasu m <sup>3</sup> /det
1	2	6057,04	5401,87
2	5	7273,19	6486,48
3	10	7941,94	7082,89
4	25	8686,52	7746,94
5	50	9185,67	8192,10
6	100	9644,83	8601,59

Tabel 10. Perbandingan parameter HSS Snyder dan HSS Nakayasu

No	HSS Snyder	HSS Nakayasu
1.	Luas DAS	Luas DAS
2.	Panjang Sungai Utama	Panjang Sungai Utama
3.	Jarak titik berat DAS-outlet	Harga satuan
4.	Durasi hujan satuan	Waktu konsentrasi hujan
5.	Tinggi hujan satuan	Waktu permulaan hujan sampai puncak banjir
6.	Waktu dari titik berat hujan ke puncak	Waktu penurunan debit
7.	Durasi curah hujan efektif	Debit maksimum
8.	Waktu dari mulai hujan ke puncak	Kurva naik (t=30 jam)
9.	Debit puncak	Kurva turun pertama (t=90 jam)
10.	Parameter rumus a	Kurva turun kedua (t=180 jam)
11.	Parameter Rumus Y	Kurva turun ketiga (t=240 jam)
12.	Rumus X	-
13.	Rumus Y	-
14.	Q	-

Hasil yang didapat dari perbandingan 2 metode diatas yaitu, perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS Snyder dan HSS Nakayasu memiliki nilai yang tidak sama. Ini dapat terjadi karena setiap metode memiliki parameter yang berbeda-beda pula. Dalam perhitungan diatas didapatkan nilai  $T_p$  dan  $Q_p$  terbesar pada metode HSS Snyder sedangkan  $T_p$  dan  $Q_p$  terkecil pada metode HSS Nakayasu. Penulis tidak dapat menyimpulkan bahwa hasil perhitungan  $T_p$  dan  $Q_p$  terkecil adalah metode perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang terbaik. Setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki karakteristiknya masing-masing. Oleh karena itu tiap metode tidak dapat digunakan untuk menghitung semua Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada, sehingga semua metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dianggap baik.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS Snyder pada Sungai Kayan mencapai debit puncak pada 73,85 jam dengan  $Q = 118,0 \text{ m}^3/\text{det}$ . Sedangkan debit banjir menggunakan metode HSS Nakayasu pada Sungai Kayan mencapai debit puncak pada 54,09 jam dengan  $Q = 109,35 \text{ m}^3/\text{det}$ .

#### 5. Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang (DPUTR) Provinsi Kalimantan Utara dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Tanjung Selor yang telah bersedia memberikan data hidrologi dan data lainnya sehingga dapat dimanfaatkan untuk penelitian ini. Terakhir penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selesainya karya ilmiah ini

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C, 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- B.R. Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- C.D. Soemarto, 1999, *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Chow, Van Te, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.

Linsley,R.K,dkk, 1982, *Hidrologi Untuk Insinyur Edisi Ketiga*, Erlangga, Jakarta.

Safrida,M.F.A, 2014, *Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Tirtomulyo Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetik*, Skripsi, Universitas sebelas maret, Surakarta.

Soemarto, 1987, *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.

Soewarno, 2000, *Hidrologi Operasional Jilid Kesatu*, PT.Aditya Bakti, Bandung.

Triatmodjo, B, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

