

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBANDINGAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK NAKAYASU,SNYDER,ITB I PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG

**(COMPARATIVE ANALYSIS OF HYDROGRAPH OF
SYNTHETIC UNIT NAKAYASU, SNYDER, ITB I IN THE
JENEBERANG RIVER FLOW AREA)**

**MUH. RIFQI FAIQ RAMADHAN
D011 17 1325**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISA PERBANDINGAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK NAKAYASU, SNYDER, ITB I PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG

Disusun dan diajukan oleh

MUH. RIFQI FAIQ RAMADHAN
D011 17 1325

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 18 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr.Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT

NIP: 196703191992032010

Pembimbing Pendamping,



Dr.Eng. Bambang Bakri, ST, MT., IPU

NIP: 198104252008121001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng

NIP. 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muh. Rifqi Faiq Ramadhan, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **Analisa Perbandingan Hidrograf Sintetik Nakayasu, Snyder, ITB I Pada Aliran Sungai Jeneberang**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 24 November 2022
Yang membuat pernyataan,



Muh. Rifqi Faiq Ramadhan
NIM: D011 17 1325

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Tugas Akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Kabupaten Gowa

Tugas Akhir dengan judul “Analisa Perbandingan Hidrograf Sintetik Nakayasu, Snyder, ITB I Pada Lairan Sungai Jeneberang” diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan penulis,

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan hasil dari bimbingan, petunjuk, dan perhatian yang telah dilimpahkan oleh dosen pembimbing. Sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Muh, Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Staf dan Karyawan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
5. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang yang telah berkenan memberikan data yang dibutuhkan secara maksimal.
6. Bapak Ir. Rakhmat, S.T., M.T selaku PPK OP SDA II, Bapak Rachmat Ciptadi S.T, M.Eng., Selaku Peltek OP SDA II, dan seluruh teman dan staff OP SDA II yang senantiasa menemani dan memberikan arahan dan ilmunya ketika penelitian Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua tercinta, yaitu bapak Misbahuddin dan ibu Nurhasanah serta Adik saya Rafiqah Khusnul atas segala kasih sayang, dukungan dan doa yang senantiasa diberikan hingga saya bisa berada sampai di titik ini.

8. Keluarga H. Hafid yang saya cintai karena telah memberikan beberapa motivasi dan semangat terus menerus untuk mengerjakan tugas akhir ini.
9. Indah Suci Permatasari, S.Kep., Ns yang selalu memberikan semangat, motivasi, perhatian, waktu dan tenaganya selama proses pengerjaan dan penelitian Tugas Akhir ini.
10. Royal LT 9, Dirga, Pate, Agung, Randy, Alfi dan Juno yang memberikan dukungan baik secara moril maupun materil selama ini.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dengan semua dukungan yang telah diberikan, hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Tidak ada kata yang dapat penulis gambarkan atas rasa terima kasih penulis yang sebesar-besarnya kepada semua pihak dan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya pada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis berharap masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat ermanfaat bagi kita semua.

Gowa, 24 November 2022
Hormat Saya,

Muh. Rifqi Faiq Ramadhan

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang merupakan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terletak di Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan dimana memiliki sungai induk yaitu sungai Jeneberang yang bermuara pada Selat Makassar. Dengan adanya beberapa titik pencatatan Automatic Water Level Recorder (AWLR) pada DAS Jeneberang dapat dilakukan penelitian untuk mencari Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang tepat digunakan di Daerah Aliran Sungai tersebut. Dalam hal ini membahas suatu prosedur umum perhitungan hidrograf satuan sintetis (HSS) untuk perhitungan hidrograf banjir. Adapun metode hidrograf yang digunakan yaitu metode Snyder, Nakayasu, dan ITB-1. Prosedur yang dibahas ini bersifat umum karena pada prinsipnya dapat digunakan untuk membentuk berbagai bentuk dasar hidrograf satuan sintetis.

Dalam rancangan penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif karena data yang digunakan adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif. Penelitian kuantitatif ialah proses menemukan pengetahuan dengan menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai hal yang ingin diketahui.

Dari hasil rekap dapat diketahui bahwa nilai debit terbesar dicapai menggunakan metode HSS nakayasu, memiliki nilai yang lebih tinggi bila di bandingkan dengan metode yang lain artinya nilai debit ini dapat mencakup nilai debit yang lebih kecil. Sehingga nilai debit maksimum yang digunakan adalah nilai debit maksimum metode HSS nakayasu dengan nilai debit berturut-turut yaitu : 517,673; 595,791; 630,159; 651,650; 662,313; 680,762 dan 695,837 m³/ detik.

Kata Kunci : Analisis, Banjir, Hidrograf

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	1
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	2
KATA PENGANTAR	3
ABSTRAK.....	5
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR GAMBAR.....	8
DAFTAR TABEL.....	9
BAB 1. PENDAHULUAN.....	10
A. Latar Belakang	10
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	11
D. Manfaat Penelitian.....	12
E. Batasan Masalah dan Lingkup Penelitian	12
F. Sistematika Penulisan	13
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Pengertian Sungai.....	15
B. Morfologi Sungai	15
C. Bentuk Sungai.....	16
D. Analisa Hidrologi	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	35
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	35
B. Jenis Penelitian	36
C. Pengumpulan Data.....	37
D. Tahapan Penelitian	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Analisa Hidrologi	41
1. Perhitungan Curah Hujan Rerata	41
2. Distribusi Curah Hujan Rancangan	44

3. Uji Kesesuaian Distribusi Curah Hujan Rancangan	51
4. Analisis Intensitas Hujan	56
5. Distribusi Hujan Jam-Jaman.....	58
6. Debit Maksimum	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	81
A. Kesimpulan	81
B. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Polygon Thiessen.....	21
Gambar 2.2 Metode Isohyet	22
Gambar 2.3 Hidrograf Satuan Nakayasu	32
Gambar 3.1 Peta DAS Jeneberang (BBWS Sungai Jeneberang)	35
Gambar 3.2 Peta DAS Jeneberang (BBWS Sungai Jeneberang)	36
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Gambar Tabel Faktor Frekuensi K untuk agihan Log Person tipe III (Rita Lopa, 2015)	49
Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang Semua Tahun	66
Gambar 4.3 Grafik HSS Snyder.....	70
Gambar 4.4 Grafik HSS Snyder untuk semua kala ulang.....	72
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Q dan t HSS ITB I.....	76
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Q dan t untuk semua kala ulang	78
Gambar 4.7 Grafik Rekap Debit Maksimum.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Luas DAS Yang Masuk Pengaruh Empat Stasiun Curah Hujan	41
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Metode Polygon Thissen ...	42
Tabel 4.3 Parameter Uji Distribusi Statistik Biasa	45
Tabel 4.4 Hasil Uji Distribusi Statistik.....	48
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Log Person Type III.....	50
Tabel 4.6 Uji Smirnov Distribusi Log Person Type III	52
Tabel 4.7 Hasil Uji Chi Square	54
Tabel 4.8 Hasil Uji Smirnov Kolmogorof.....	55
Tabel 4.9 Hasil Distribusi Curah Hujan Rancangan	56
Tabel 4.10 Analisis Intensitas Hujan Dengan Metode Mononobe	57
Tabel 4.11 Intensitas Hujan Rata-Rata Dalam T Jam	58
Tabel 4.12 Perhitungan Hujan Netto	59
Tabel 4.13 Perhitungan Hujan Netto Jam-jaman	59
Tabel 4.14 Perhitungan HSS Nakayasu.....	63
Tabel 4.15 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang Semua Tahun.....	64
Tabel 4.16 Unit HSS Snyder	69
Tabel 4.17 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Snyder Kala Ulang Semua Tahun.....	71
Tabel 4.18 Perhitungan HSS ITB-1.....	74
Tabel 4.19 Tabel V dan Q HSS ITB 1	75
Tabel 4.20 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode ITB I Kala Ulang Semua Tahun.....	76
Tabel 4.21 Rekapitulasi Debit Maksimum	79

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hidrograf Satuan Sintesis merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan pada daerah yang data observasi debitnya kurang atau tidak tersedia. Berdasarkan cara-cara untuk mendapatkan hidrograf satuan pengamatan, diperlukan serangkaian data antara lain data tinggi muka air (rekaman AWLR), data pengukuran debit, data hujan harian dan data hujan jam-jaman dari ARR (Fachri, 2018).

Adapun Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan menjadi objek penelitian adalah DAS Jeneberang, dimana DAS Jeneberang terletak pada Wilayah Sungai (WS) Jeneberang. Daerah Aliran Sungai (DAS) ini sebagian terletak pada Kabupaten Gowa dan Wilayah Kota Makassar. Dengan adanya beberapa titik pencatatan Automatic Water Level Recorder (AWLR) pada DAS Jeneberang dapat dilakukan penelitian untuk mencari Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang tepat digunakan di Daerah Aliran Sungai tersebut (Fachri, 2018).

Setiap metode hidrograf memiliki parameter dan karakteristik masing-masing sehingga setiap metode tidak bisa diterapkan di setiap daerah di dunia. Dalam hal ini membahas suatu prosedur umum perhitungan hidrograf satuan sintetis (HSS) untuk perhitungan

hidrograf banjir. Adapun metode hidrograf yang digunakan yaitu metode Snyder, Nakayasu, dan ITB-1. Prosedur yang dibahas ini bersifat umum karena pada prinsipnya dapat digunakan untuk membentuk berbagai bentuk dasar hidrograf satuan sintetis (Margini, Nusantara, & Ansori, 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diangkatlah penelitian dengan judul: **“Analisa Perbandingan Hidrograf Sintetik Nakayasu, Snyder, ITB I Pada Aliran Sungai Jeneberang”**.

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang pengambilan judul di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana perbandingan beberapa Hidrograf Satuan Sintetik pada aliran sungai Jeneberang

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini antara lain yaitu, Menganalisis perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, Snyder, ITB I pada aliran Sungai Jeneberang

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dengan melakukan analisis hidrologi perbandingan beberapa metode yang diakibatkan hujan sehingga mendapatkan debit rencana, kemudian dapat memberikan informasi berdasarkan perbandingan beberapa metode hidrograf sintetik untuk nilai debit banjir sungai kepada masyarakat dan instansi pemerintah untuk upaya penanggulangan banjir.

E. Batasan Masalah dan Lingkup Penelitian

Untuk mengantisipasi adanya penyimpangan dalam pembahasan ini, maka perlu adanya batasan masalah untuk memperjelas arah dari rumusan masalah di atas sebagai berikut :

1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang Lingkup Wilayah atau lokasi penelitian ini berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang dan sekitarnya.

2. Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada :

- a. Analisis debit banjir yang digunakan adalah untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun.
- b. Debit banjir dihitung menggunakan metode HSS ITB 1, HSS Nakayasu , dan HSS snyder.

- c. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari tahun 1998 – 2018, yang mempengaruhi DAS pada sungai Jeneberang,

F. Sistematika+ Penulisan

Sistematika penulisan Skripsi ini diupayakan secara berurutan yang dapat memberikan suatu gambaran yang mewakili tujuan dan sasaran dari skripsi ini. Secara garis besar skripsi ini disusun dalam lima (5) bab, yaitu:

Bab 1. Pendahuluan

Pada bab ini akan menguraikan latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan menguraikan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian dan metode analisis yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah.

Bab 3. Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan menguraikan metode penelitian yang akan digunakan dalam pengumpulan dan pengolahan data, serta metode analisa data.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan menganalisa data yang diuraikan pada bab sebelumnya serta metode analisa yang digunakan yaitu Aritmatik dan Least Square.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dengan saran mengenai temuan penting yang dijadikan pertimbangan serta saran tindak lanjut terhadap hasil yang diperoleh dari tulisan ini

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Sungai

Sungai adalah salah satu dari beberapa sumber air yang berpotensi untuk kesejahteraan manusia. Sungai juga merupakan tempat penampung air dari suatu daerah. Jika aktivitas manusia di sekitar sungai tidak diimbangi dengan kesadaran menjaga kelestarian lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan menurun. Namun jika aktivitas manusia diimbangi dengan kesadaran menjaga lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan relatif baik. Aliran sungai berubah tergantung pada sifat air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Sungai dimulai di pegunungan atau dataran tinggi dan mengalir ke danau atau lautan (Sari & Khadiyanto , 2014).

B. Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu (Marsudi & Lufira, 2021). Morfologi sungai ini akan menyangkut juga sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling terkait.

C. Bentuk Sungai

Secara umum bentuk sungai dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) bentuk, antara lain : meandering, lurus dan braided, namun sesungguhnya banyak kondisi transisi dari klasifikasi yang disebutkan diatas.

a. Sungai *Meandering* / berkelok-kelok

Sungai yang berkelok-kelok memiliki pola belokan yang teratur yang menghasilkan kurva sinus pada datarannya. Belokan sering dihubungkan oleh bagian jalan lurus yang disebut 'penyeberangan'. Kelokan sungai biasanya sangat landai. Dasar sungai di bagian luar tikungan akan lebih dalam karena kecepatan yang lebih besar di bagian luar tikungan. Kemudian gaya sentrifugal pada belokan tersebut akan menyebabkan sungai mengalir secara heliks. Erosi pada bagian luar belokan pada sungai yang berkelok-kelok akan terjadi dan akan terjadi pengendapan di bagian dalam belokan.

b. Sungai Lurus (*Straight*)

Sungai-sungai yang lurus biasanya merupakan penghubung antara dua liku-liku yang berkelok-kelok (penyeberangan). Dibandingkan dengan bagian dalam meander, kedalaman air di persimpangan ini relatif dangkal. Beberapa material yang terkikis di

sisi luar tikungan terkadang juga terbawa ke persimpangan ini oleh arus transversal yang sebenarnya belum hilang ketika memasuki bagian lurus. Perlu dicatat bahwa arus transversal (juga dikenal sebagai arus sekunder) dapat terjadi dalam bentuk saluran/sungai apa pun.

c. Sungai *Braided*

Bentuk sungai ini sangat kompleks sehingga pada debit yang kecil alur sungai terkadang terdiri dari satu atau lebih alur sungai yang dipisahkan oleh pulau-pulau kecil. Sungai dapat menjadi alur yang lebar dan kecil ketika mengalir, dan dapat berubah dengan perubahan besar aliran yang lewat. Mereka sulit diprediksi. Sungai jenis ini biasanya memiliki kemiringan yang relatif curam sehingga dapat membawa sedimen dengan konsentrasi yang tinggi.

D. Analisa Hidrologi

1. Pengertian Tentang Hidrologi

Pengertian hidrologi Menurut definisi Marta dan Adidarma (1983) dalam pengertian hidrologi, hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi baik diatas maupun dibawah permukaan bumi, tentang sifat kimia dan fisika air dengan reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan.

Menurut definisi Singh (1992), mengatakan bahwa pengertian hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air di bumi termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi pengembangan dan manajemen. Sedangkan menurut Ray K. Linsley dalam Yandi Hermawan (1986) pengertian hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi yaitu mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat fisika dan kimia serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungan dengan kehidupan.

2. Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi (Syahputra & Arifitama, 2018). Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (sleet), hujan gerimis atau kabut.

3. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh selama periode waktu tertentu yang pengukurannya menggunakan satuan ketinggian di atas permukaan tanah horizontal yang diasumsikan

bebas dari infiltrasi, run-off, atau evaporasi. Curah hujan adalah banyaknya air yang jatuh pada suatu permukaan yang datar dalam kurun waktu tertentu. Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan datar selama periode tertentu, diukur dengan ketinggian milimeter (mm) di atas permukaan horizontal (Mulyono, 2014).

Curah hujan dapat diperkirakan dengan memeriksa berapa banyak titik pengamatan curah hujan yang digunakan. Metode yang biasa digunakan antara lain metode rata-rata aljabar, poligon Thiessen, dan metode Isohyet.

a). Metode Rata-Rata Aljabar

Metode perhitungan yang mengambil nilai rata-rata dari pengukuran curah hujan pada beberapa stasiun hujan di daerah tersebut. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat diandalkan jika topografinya datar, stasiun hujan banyak dan merata di daerah tersebut, dan hasil penakaran untuk setiap stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari rata-rata.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (1)$$

(Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 2003, hal :
27)

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata DAS (mm)

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Curah hujan pada setiap stasiun hujan

1,2,...,n (mm)
 n = Banyaknya stasiun hujan

b). Metode Thiessen

Cara ini berdasarkan atas rata-rata timbangan mana dari masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan mengambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2)$$

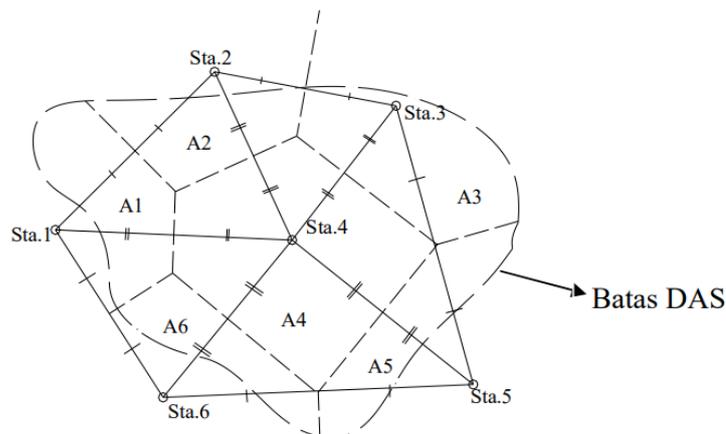
(C.D.Soemarto, 1999. hal :11)

$$\bar{R} = C_1R_1 + C_2R_2 + \dots + C_nR_n \dots\dots\dots (3)$$

$$C = \text{Koefisien Thiessen} = \frac{A}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

\bar{R}	=	Curah hujan rata-rata DAS (mm)
$R_1 + R_2 + \dots$	=	Curah hujan pada setiap stasiun
$+ R_n$	=	hujan 1,2,...,n (mm)
$A_1 + A_2 + \dots$	=	Luas daerah pengaruh dari setiap
$+ A_n$	=	stasiun hujan 1,2,...,n (km ²)



Gambar 2.1 Polygon Thiessen

Metode Thiessen dianggap baik karena memberikan koreksi kedalaman hujan sebagai fungsi dari area yang diwakili. Akan tetapi metode ini dipandang belum memuaskan karena pengaruh topografi tidak nampak. Demikian juga apabila ada salah satu stasiun hujan tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar, maka poligon harus diubah (Ningsih, 2012).

c). Metode Isohyet

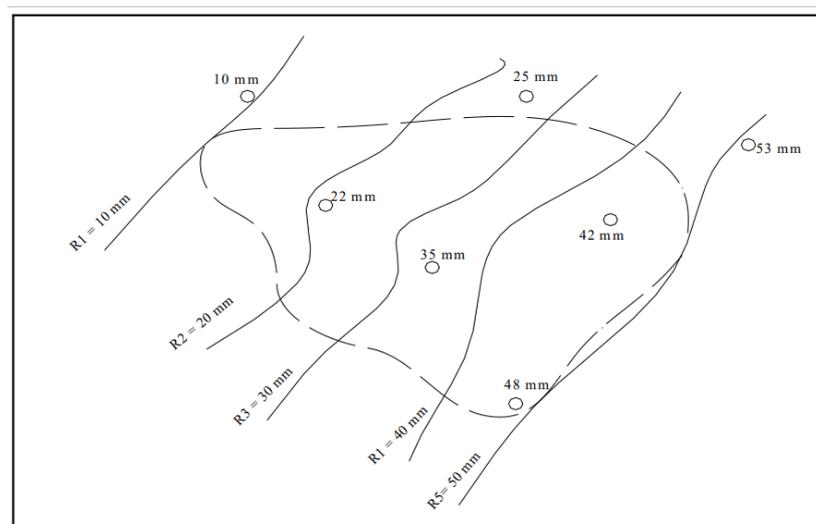
Metode ini menggunakan data curah hujan yang ada untuk membuat garis yang mewakili daerah dengan curah hujan yang sama. Kemudian luas penampang antara isohyet yang berdekatan diukur dan nilai rata-rata hitung. Rata-rata dihitung dengan mengalikan luas dengan jumlah nilai kontur kemudian hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan luas total luas daerah, sehingga didapat curah hujan di daerah yang dicari (Nurhijriah, Ruhiat, Saefullah, & Rostikawati, 2022).

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 R_2}{2} A_2 + \frac{R_2 R_3}{2} A_3 + \dots + \frac{R_{n-1} R_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (5)$$

(C.D.Soemarto, 1999. hal :11)

Dimana :

\bar{R}	=	Curah hujan rata-rata DAS (mm)
$R_1 + R_2$	=	Curah hujan pada setiap stasiun
$+ \dots + R_n$	=	hujan 1,2,...,n (mm)
$A_1 + A_2 + \dots$	=	Luas daerah pengaruh dari
$+ A_n$	=	setiap stasiun hujan 1,2,...,n (km ²)



Gambar 2.2 Metode Isohyet

Metode ini adalah yang paling akurat, tetapi membutuhkan jaringan stasiun statistik yang besar. Saat menggambar garis Isohyet, perhatian juga harus diberikan pada pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan

d). Debit Maksimum

a. Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan merupakan suatu metode hidrologi yang banyak digunakan untuk menaksir banjir rancangan (*design flood*). Hidrograf aliran sungai selalu berubah tergantung pada sifat masukan (*input*) hujannya. Hal ini disebabkan karena sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) yang sebenarnya adalah sistem yang tidak linier (*non-linier*) yang berubah terhadap waktu (*non-linier time invariant*), sehingga akan menyerderhanakan proses pengalihragaman hujan menjadi aliran. Berdasarkan anggapan tersebut, maka masukan (*input*) yang terjadi setiap saat akan mengakibatkan aliran yang sama atau dengan kata lain suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) tertentu mempunyai tanggapan khas terhadap masukan (*input*) hujan tertentu. Suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) terdapat satu sifat khas yang menunjukkan sifat tanggapan Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap masukan (*input*) hujan. Tanggapan ini diandaikan tetap untuk masukan (*input*) hujan dengan besaran dan distribusi tertentu. Tanggapan demikian dalam konsep model hidrologi dikenal sebagai hidrograf satuan (Siby, Kawet, & Halim, 2013).

Hidrograf satuan yang didapat dari suatu kasus banjir tertentu belum merupakan hidrograf yang mewakili Daerah

Aliran Sungai (DAS) yang bersangkutan. Dengan demikian diperlukan hidrograf satuan yang diturunkan dari banyak kasus banjir, kemudian dirata-rata. Walaupun demikian, tidak ada petunjuk tentang berapa jumlah kasus banjir yang diperlukan untuk memperoleh hidrograf satuan ini. Dalam proses perataan hendaknya tidak hanya dilakukan dengan merataratakan ordinat masing-masing hidrograf satuan, karena akan diperoleh hidrograf satuan dengan debit puncak yang lebih kecil dari nilai rata-rata debit puncak masing-masing hidrograf satuan. Perataan dilakukan dengan merata-rata baik debit puncak maupun waktu untuk mencapai puncak. Kemudian sisi turunnya dibuat dengan menarik liku resesi rata-rata dengan acuan volume hidrograf satuan sama dengan satuan volume yang ditetapkan. Hidrograf satuan ada yang berupa hidrograf satuan terukur yaitu hidrograf satuan hasil penurunan data hujan dan debit. Data hujan didapat dari stasiun pada alat pencatat hujan, misalnya *Automatic Rainfall Recorder* (ARR). Sedangkan data debit didapat dari alat pencatat debit, misalnya *Automatic Water Level Recorder* (AWLR). Apabila data hujan dan debit tidak cukup tersedia, maka penurunan hidrograf satuan dilakukan dengan cara sintesis, hasilnya berupa hidrograf satuan sintesis (HSS).

Untuk menurunkan hidrograf Satuan diperlukan data hidrograf dan data hujan yang bersangkutan. Sebaiknya dipilih hidrograf tunggal, agar penyelesaian mudah. Cara yang banyak digunakan yaitu dengan penyelesaiannya persamaan polinomial. cara ini dapat dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Dipilih kasus hujan dan rekman AWLR (hidrograf tinggi muka air tunggal) yang terkait. Selanjutnya ditetapkan hidrografnya dengan menggunakan liku kalibrasi yang berlaku.
2. Hidrograf limpasan langsung diperoleh dengan memisahkan aliran dasar dari hidrograf tersebut. Selanjutnya hujan efektif ditetapkan dengan (misalnya) indeks Φ , sedemikian sehingga volume hujan mangkus sama dengan hidrograf limpasan langsung.
3. Hidrograf satuan hipotetik ditetapkan dengan ordinatnya masing – masing q_1, q_2, \dots, q_n .
4. Hidrograf limpasan langsung yang dihitung (*computed*) diperoleh dengan mengalikan hujan efektif dengan hidrograf satuan hipotetik dengan prinsip superopsisi.
5. Hasil hitungan selanjutnya dibandingkan dengan hidrograf limpasan langsung terukur untuk mendapatkan besaran – besaran q_1, q_2, \dots, q_n .

b. Hidrograf Satuan Sintesis

Apabila data hujan dan debit tidak cukup tersedia, maka penurunan hidrograf satuan dilakukan dengan cara sintesis, hasilnya berupa Hidrograf Satuan Sintesis (HSS). Berdasarkan cara untuk mendapatkan hidrograf satuan pengamatan (*observed unit hydrograph*), diperlukan seperangkat data yang berkenaan dengan data tinggi muka air (rekaman *Automatic Water Level Recorder / AWLR*), data pengukuran debit (*discharge measurement / observed hydrograph*), data hujan harian (*daily Rainfall*), dan data hujan jam-jaman (*hourly Rainfall*) dari *Automatic Rainfall Recorder (ARR)* (Siby, Kawet, & Halim, 2013).

Untuk membuat hidrograf banjir (*flood hydrograph*) pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan pengamatan (observasi) hidrograf banjir (*flood hydrograph*)-nya, maka diperlukan data karakteristik atau parameter daerah pengaliran/ Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut terlebih dahulu. Data karakteristik atau parameter tersebut meliputi waktu untuk mencapai puncak (*time to peak*) hidrograf, lebar dasar (*time base*), luas (*area*), kemiringan (*slope*), panjang alur terpanjang (*the longest main river*), koefisien limpasan (*runoff coefficient*), dan sebagainya. Untuk sungai-sungai yang tidak mempunyai hidrograf banjir pengamatan / *observed flood*

hydrograph , biasanya dipakai hidrograf sintetis (*synthetic hydrograph*) yang sudah dikembangkan di negara-negara lain, yang mana parameter-parameternya harus disesuaikan terlebih dahulu dengan karakteristik daerah pengaliran/ Daerah aliran Sungai (DAS) yang ditinjau.

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) / Synthetic Unit Hydrograph (SUH) yang telah dikembangkan oleh para pakar dalam dan luar negeri antara lain HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS SCS, HSS ITB I, HSS Limantara dan lain-lain. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) / Synthetic Unit Hydrograph (SUH) ini dikembangkan berdasarkan pemikiran bahwa pengalihan hujan menjadi debit / aliran baik akibat pengaruh translasi maupun tampungan, dipengaruhi oleh sistem Daerah Aliran Sungai (DAS)/ daerah pengalirannya. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) / Synthetic Unit Hydrograph (SUH) merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir / *flood hydrograph*.

a) Hidrograf Satuan Sintetik ITB 1

Metode ITB dikembangkan saat melakukan evaluasi terhadap hidrograf banjir rencana pada pengujian model fisik pelimpah Bendungan Citepus dan Bendungan Sadawarna. Metode ini dinamai

Metode ITB karena pengembangan didanai dan dilakukan di Institut Teknologi Bandung. Berikut persamaan-persamaan dan dari HSS ITB (Natakusumah dkk., 2011).

$$QP = ADAS \times R \times 3,6 \times TP \times AHSS \dots\dots\dots (6)$$

$$TL = Ct \times 0,21 L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots (7)$$

$$TL = Ct \times 0,527 + 0,058 L \text{ untuk } L \geq 15 \text{ km} \dots\dots\dots (8)$$

$$TP = 1,6 TL \text{ (2.15) } Tb = 8 \times 3 TP \text{ untuk } ADAS < 2 \text{ km}^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$Tb = 10 TP \text{ sampai } 20 TP \text{ untuk } ADAS \geq 2 \text{ km}^2 \dots\dots\dots (10)$$

dengan:

QP : debit puncak banjir (m³/s)

ADAS : luas DAS (km²)

AHSS : luas kurva satuan hidrograf tak berdimensi (km²)

R : curah hujan satuan (1 mm)

TL : time lag (jam)

TP : waktu dari permulaan banjir hingga puncak banjir (jam)

Tb : waktu dasar (jam)

Ct : koefisien waktu

L : panjang sungai utama (km)

HSS ITB-1 memiliki persamaan yang sama untuk lengkung naik dan lengkung turunnya.

$$(t) = (2 - t - 1) \alpha CP \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{Lengkung naik } (0 \leq t \leq 1) (t) = t \alpha \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{Lengkung turun } (t > 1 \text{ s/d } \infty) (t) = \exp(1 - t \beta CP) \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

t : (T/TP) waktu yang telah dinormalkan (jam)

q : (Q/QP) debit yang telah dinormalkan (m^3/s) α, β ,

CP: koefisien kalibrasi

b) Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)/ *Synthetic Unit Hydrograph* (SUH) Nakayasu dikembangkan di Jepang dan sangat populer di Indonesia. Perhitungan debit banjir rancangan untuk suatu bangunan air di Indonesia umumnya menggunakan metode Nakayasu yang ditambah dengan metode lain sebagai pembandingnya.

a. Parameter Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Parameter yang dibutuhkan dalam analisa memakai Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu antara lain :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*), disimbolkan dengan T_p .
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*): disimbolkan dengan t_g .
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*), disimbolkan dengan TB.
4. Luas daerah pengaliran (*catchment area*), disimbolkan dengan A.
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*), disimbolkan dengan L.

6. Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*), disimbolkan dengan C.

b. Rumus Penunjang

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

Dengan :

T_p = tegang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

t_g = waktu konsentrasi hujan (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

Cara menentukan t_g :

- Jika $L \geq 15$ km, maka $t_g = 0,40 + 0,058 L$
- Jika $L < 15$ km, maka $t_g = 0,21 L^{0,7}$

Dengan :

α : parameter hidrograf

t_r : $0,5 \times t_g$ sampai $1 \times t_g$

Catatan :

- Untuk daerah pengaliran biasa ($\alpha = 2$)
- Untuk bagian naik hidrograf (*rising limb*) yang lambat dan bagian menurun (*recession line*) yang cepat ($\alpha = 1,5$)

- Bagian naik hidrograf (*rising limb*) yang cepat dan bagian menurun (*recession line*) yang lambat ($\alpha = 3$)
- Menurut pengalaman dan penelitian yang telah dilakukan di Indonesia untuk memperoleh hasil yang akurat dan sesuai dengan kondisi karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia, perlu dilakukan kalibrasi terhadap parameter : α tersebut.

c. Persamaan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

1. Debit Puncak Banjir (*Peak Discharge*)

$$Q_p = \frac{c \cdot A \cdot R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

Dengan :

$Q_p = Q_{maks}$, merupakan debit puncak banjir ($m^3/detik$)

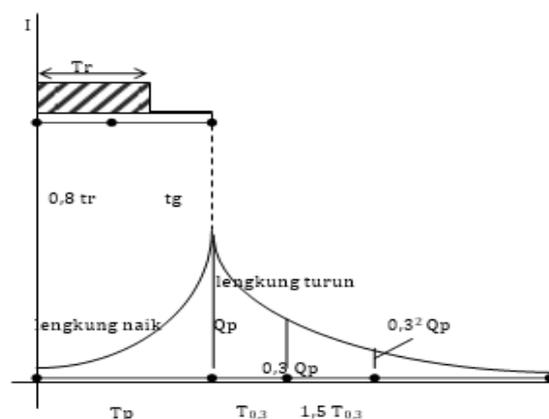
c = koefisien aliran (=1)

A = luas DAS sampai ke *outlet* (km^2)

R_o = hujan satuan (mm)

T_p = teggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperoleh oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)



Gambar 2.3 Hidrograf Satuan Nakayasu

Hidrograf banjir merupakan perkalian antara debit jam-jaman hasil analisis HSS dengan nilai hyetograf hasil analisis ABM.

c) Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Untuk mendapatkan suatu hidrograf satuan seperti diuraikan dengan prosedur di atas perlu tersedia data yang baik, yaitu data AWLR, data pengukuran debit, data hujan harian, dan data hujan jamjaman. Yang menjadi masalah adalah bahwa karena berbagai sebab data ini sangat sulit diperoleh atau tidak tersedia. Untuk mengatasi hal ini maka dikembangkan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf satuan tanpa mempergunakan data tersebut di atas . Salah satu cara tersebut dikembangkan oleh F.F. Snyder dari Amerika Serikat pada tahun 1938 yang memanfaatkan parameter DAS untuk memperoleh hidrograf satuan sintetis. Sejumlah DAS yang diteliti oleh Snyder berada di dataran tinggi Appalachian dengan luas DAS berkisar antara 30 sampai 30.000 km².

Snyder mengembangkan model dengan koefisien-koefisien empirik yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan

karakteristik DAS (Kristianto, Norken, Dharma, & Yekti, 2019). Hal tersebut didasarkan pada pemikiran bahwa pengalihragaman hujan menjadi aliran baik pengaruh translasi maupun tampungannya dapat dijelaskan dipengaruhi oleh sistem DAS-nya. Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan unsur yang antara lain Q_p (m^3 /detik), T_b (jam), dan t_p (jam) dan t_r (jam). Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan:

A = luas DAS (km^2)

L = panjang aliran sungai utama (km)

L_c = panjang sungai utama diukur dari tempat pengukuran (pelepasan) sampai titik disungai utama yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

Dengan unsur-unsur tersebut di atas Snyder membuat model hidrograf satuan sintetis sebagai berikut :

$$t_p = 0,75 \cdot C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0,3}$$

$$t_r = \frac{t_p}{5,5}$$

$$Q_p = 2,75 \cdot \frac{C_p \cdot A}{t_p}$$

$$T_b = 72 + 3 \cdot t_p \text{ atau } T_b = \frac{5,56}{q_{pR}}$$

dengan:

t_p = waktu kelambatan (*time lag*) (jam)

Q_p = debit puncak ($m^3/detik$)

T_b = waktu dasar (jam)

q_{pR} = debit per satuan luas ($m^3/detik/km^2$)