

**MODEL APLIKASI BAHASA PYTHON  
PERANCANGAN PROGRAM HIDROGRAF SATUAN SINTETIS  
METODE NAKAYASU, SNYDER, SCS, DAN GAMA I**Accepted 16<sup>th</sup> Ags 2020Published 18<sup>th</sup> Ags 2020**Open Access**Andhy Setyo Raharjo<sup>1a</sup>, Ayudia Hardiyani Kiranaratri<sup>2b</sup>, Mashuri<sup>3b</sup><sup>a</sup> Mahasiswa Teknik Sipil, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera<sup>b</sup> Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera\* Koresponden E-mail: [asrajo.1998@gmail.com](mailto:asrajo.1998@gmail.com)

**Abstract:** *S Synthetic Unit Hydrograph (HSS) is one of the analyzes used to convert 1 mm of rain into direct run off of a Watershed Area (DAS). One of the efforts to speed up the HSS analysis process is to use a program. So far, there have been researchers who have made HSS applications easy to do, including the HEC-RAS program, WEAP, and so on. These programs are tools to obtain hydrograph results in accordance with the analysis carried out, therefore an application program is needed to add new knowledge that can be used for HSS analysis that is easier to apply for researchers who will use the HSS Method.*

*This type of research is experimental which is carried out to implement Synthetic Unit Hydrograph analysis into the Python programming language using the help of Visual Studio Code as the code editor to be displayed in the form of a GUI program and then analyze the results as a factor to take the next step in order to get the desired results. The research starts from problem identification, literature study, interface design, algorithm design, program testing, results analysis.*

*The results of this study are the HISITERA Program which can process characteristic data from a Watershed Area and output it as a result in the form of Variable Calculations, HSS Tables, HSS Graphs, Flood Hydrograph Tables, and Flood Hydrograph Graphs using 4 (four) HSS methods, namely: Nakayasu, Snyder, SCS, and GAMA 1. This program is expected to be an alternative calculation program in HSS analysis using the four methods that are easier for researchers to understand.*

**Keywords:** *Synthetic Unit Hydrograph, HISITERA, Program, Python, Visual Studio Code*

**Abstrak:** Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk mengubah hujan 1 mm menjadi debit aliran langsung (*direct run off*) suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Salah satu usaha untuk mempercepat proses analisis HSS digunakan suatu program. Selama ini telah ada peneliti yang membuat agar aplikasi HSS mudah dilakukan antara lain dengan program HEC-RAS, WEAP, dan lain sebagainya. Program-program tersebut merupakan alat bantu agar memperoleh hasil hidrograf sesuai dengan analisis yang dilakukan, oleh karena itu diperlukan program aplikasi untuk menambah keilmuan baru yang dapat digunakan untuk analisis HSS yang lebih mudah pengaplikasiannya bagi peneliti yang akan menggunakan Metode HSS.

Jenis penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan untuk mengimplementasikan analisis Hidrograf Satuan Sintetis ke dalam bahasa pemrograman Python menggunakan bantuan Visual Studio Code sebagai kode editornya untuk dapat ditampilkan ke dalam bentuk Program GUI lalu menganalisis hasilnya sebagai faktor untuk melakukan langkah berikutnya agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Penelitian dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, desain antarmuka, perancangan algoritma, pengujian program, analisis hasil.

Hasil dari penelitian ini berupa Program HISITERA yang dapat mengolah data karakteristik dari suatu DAS dan mengeluarkannya sebagai dalam bentuk hasil berupa Perhitungan Variabel, Tabel HSS, Grafik HSS, Tabel Hidrograf Banjir, dan Grafik Hidrograf Banjir menggunakan 4 (empat) metode HSS, yaitu: Nakayasu, Snyder, SCS, dan GAMA 1. Program ini diharapkan dapat menjadi alternatif program perhitungan dalam analisa HSS menggunakan ke empat metode tersebut yang lebih mudah untuk dipahami oleh peneliti

**Kata Kunci :** *Hidrograf Satuan Sintetis, HISITERA, Program, Python, Visual Studio Code*

## PENDAHULUAN

Hidrologi diartikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari perilaku air, proses terjadinya, sirkulasi, distribusi, sifat kimia dan fisika, serta hubungannya terhadap lingkungan, sedangkan siklus hidrologi merupakan peredaran air dari laut ke atmosfer melalui penguapan, kemudian akan jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, yang mengalir ke dalam tanah maupun ke permukaan tanah sebagai sungai yang mengalir menuju ke laut.

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Salah satu manfaat sungai yaitu sebagai sumber air yang merupakan sumber penghidupan bagi manusia maupun makhluk hidup lain yang tinggal di sekitar sungai.

Salah satu fenomena alam yang dapat mengancam keberadaan hidup manusia pada beberapa wilayah di Indonesia setiap kali masuk pada musim hujan yaitu bencana banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia yaitu peristiwa di mana suatu dataran yang biasanya merupakan lahan kering, tiba-tiba terendam air karena volume air meningkat [1].

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (BNPB) 2021, selama periode 10 tahun terakhir dari 2011 sampai 2020 adalah 'dekade penuh bencana bagi Indonesia' yang puncaknya terjadi pada tahun 2020, dengan jumlah mencapai 4650 kejadian bencana, banjir mendominasi dengan jumlah 1518 bencana [2]. Hal ini disebabkan oleh Indonesia yang merupakan salah satu negara tropis yang memiliki jumlah curah hujan cukup tinggi. Selain curah hujan, banjir juga dipengaruhi oleh sistem dari Daerah Aliran Sungai (DAS) dan faktor manusia [1].

Lampung termasuk ke dalam Provinsi kategori waspada banjir. Hal tersebut menyebabkan peristiwa banjir sering terjadi di beberapa tempat di wilayah tersebut [3]. Pada tahun 2019 lalu, terdapat 10 kecamatan di Kota Bandar Lampung yaitu Sukarame, Tanjungkarang Barat, Telukbetung Barat, Bumiwaras, Kedamaian, Way Halim, Labuhan Ratu, Sukabumi, Kedaton dan Telukbetung Selatan terendam banjir. Hal tersebut mengakibatkan 2.528 unit rumah terendam sehingga mengalami kerusakan berat ataupun ringan, rusaknya beberapa infrastruktur publik seperti gedung sekolah, TPA dan rusaknya kendaraan milik masyarakat akibat terendam. [4]

Bencana banjir yang melanda Kota Bandar Lampung disebabkan oleh beberapa faktor yaitu faktor alam yang berupa tingkat curah hujan yang cukup tinggi, kondisi fisik

wilayah, perbuatan tangan (oknum) manusia yang tidak bertanggung jawab dengan membuang sampah sembarangan di sekitar daerah aliran sungai (DAS) sehingga pada saat musim hujan tiba saluran drainasenya tidak dapat berfungsi secara optimal. Perubahan fungsi dari tata guna lahan serta pembangunan yang kurang memperhatikan Ruang Tata Hijau (RTH) juga menjadi salah satu penyebab terjadinya peristiwa banjir tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisis terhadap kondisi sungai yang ada di Kota Bandar Lampung yang rawan terjadi bencana banjir.[1]

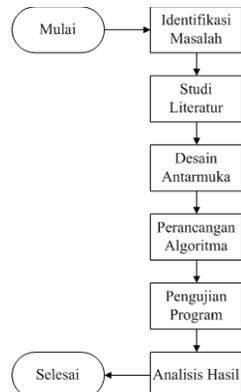
Banyak ahli meneliti banjir di Provinsi Lampung menggunakan program-program untuk mengetahui kondisi banjir di berbagai wilayah di Lampung antara lain program HEC-RAS, WEAP, dan sejenisnya menggunakan berbagai metode. Salah satu metode untuk menganalisis banjir adalah Hidrograf Satuan yaitu konsep yang digunakan untuk mengubah hujan menjadi debit aliran langsung (*direct run off*) yang berasal dari hujan 1 mm yang jatuh merata pada suatu DAS. Daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan maka digunakanlah Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yaitu turunan dari hidrograf satuan yang memperkirakan besarnya debit aliran langsung yang berasal dari hujan 1 mm jatuh merata pada suatu DAS dengan menggunakan data karakteristik suatu DAS.

Program aplikasi HSS yang dirancang ini adalah salah satu upaya agar analisis HSS tersebut menjadi lebih cepat dari pada perhitungan yang dilakukan secara manual, selain itu tujuan lainnya adalah agar hasil perhitungan sesuai dengan rumus yang ada sesuai dengan metode yang digunakan dalam perancangan.

## METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam jenis Eksperimental yang dilakukan untuk mengimplementasikan analisis Hidrograf Satuan Sintetis ke dalam bahasa pemrograman Python untuk dapat ditampilkan ke dalam bentuk Program GUI (*Graphic User Interface*) lalu menganalisis hasilnya sebagai faktor untuk melakukan langkah berikutnya agar mendapatkan hasil yang diinginkan.

Kerangka berpikir dari penelitian ini meliputi, identifikasi masalah, studi literatur, perancangan algoritma, pengujian program, dan analisis hasil. Kerangka berpikir tersebut dapat dilihat seperti diagram alir berikut ini.



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

## 2.1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan masalah yang ada pada penelitian ini lalu diidentifikasi menjadi poin-poin sebagai berikut:

1. Menerapkan HSS Metode Nakayasu, Snyder, SCS, dan GAMA 1 ke dalam bahasa Pemrograman Python
2. Menampilkan algoritma bahasa Python yang telah dibuat ke dalam bentuk Program GUI (*Graphic User Interface*)
3. Membandingkan Hasil dari perhitungan HSS Metode Nakayasu, Snyder, SCS dan GAMA 1 dengan metode manual dan program hasil perancangan

## 2.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan dasar maupun sebagai referensi dalam melaksanakan penelitian.

### 2.2.1. Hidrograf

Sherman memperkenalkan konsep hidrograf satuan pada tahun 1932. Konsep tersebut digunakan untuk mengubah hujan menjadi debit aliran langsung (*direct run off*). Hidrograf satuan itu juga sering disebut hidrograf *direct run off* yang berasal dari hujan 1 mm yang jatuh merata ke permukaan suatu DAS dengan besar tetap dan dengan durasi tertentu. Secara sederhananya adalah hujan yang mengakibatkan adanya air di seluruh permukaan tanah DAS dengan ketebalan 1 mm.

### 2.2.2. Konsep Hidrograf Satuan (HSS)

Karakteristik bentuk hidrograf yang merupakan dasar dari konsep hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini. [5]

1. Hidrograf memperlihatkan berbagai data karakter dari suatu daerah aliran sungai yang meliputi: sifat tanah, bentuk dari DAS, luasan DAS, kemiringan yang ada di DAS dan karakteristik hujan. Karakteristik hujan tersebut antara lain: intensitas hujan, durasi hujan, dan pola turunnya hujan yang ada pada suatu das tersebut.

2. Antara hujan satu dan hujan lainnya tidak membuat sifat dari suatu DAS berubah, hal tersebut menyebabkan hidrograf yang memiliki waktu dan pola yang sama akan memiliki bentuk yang sama. Oleh karena itulah dapat dilakukan superposisi dari hidrograf, hidrograf yang terjadi akan mempunyai bentuk yang sama dengan hidrograf dengan hujan efektif 1 mm dengan durasi yang sama. Sehingga bila hidrograf memiliki waktu dua satuan maka untuk mencari hidrograf tersebut bisa dengan mengalikan hidrograf satu satuan dengan 2.
3. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk dari suatu hidrograf, faktor tersebut berasal dari faktor hujannya sendiri maupun faktor dari lingkungan, meliputi, kriteria tanah, debit yang dihasilkan hujan, dan waktu hujan

### 2.2.3. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

Tidak semua tempat tersedia data hidrologi yang cukup untuk menurunkan hujan menjadi hidrograf satuan. Namun tidak berarti daerah yang belum memiliki data tersebut tidak bisa dicari hidrografnya. Hidrograf satuan sintetis adalah cara untuk mencarinya.

Untuk menurunkan hujan menjadi bentuk hidrograf, HSS tidak perlu memerlukan data yang relatif banyak, cukup dengan beberapa data karakteristik suatu DAS maka Hidrograf Satuan Sintetis bisa dibentuk. Oleh karena itu Hidrograf Satuan Sintetis penting dalam dunia hidrologi.

### 2.2.4. HSS Metode Snyder

Pada Metode Snyder ini memiliki beberapa variabel. Variabel-variabel tersebut antara lain: waktu dasar ( $T_d$ ), aliran puncak ( $Q_p$ ), waktu kelambatan dan waktu standar hujan (sudah dikurangi infiltrasi) untuk Hidrograf Satuan Sintetis yang memiliki hubungan karakteristik suatu daerah aliran sungai.

Dari hubungan-hubungan tersebut, diperoleh rumus-rumus persamaan. Berikut adalah rumus-rumus pada Metode Snyder: [6]

$$t_p = C_t (L L_c)^{0,3} \quad (\text{Pers. 1})$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p} \quad (\text{Pers. 2})$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \quad (\text{Pers. 4})$$

Bila waktu hujan efektif ( $t_r$ ) tidak sama dengan waktu standar hujan efektif ( $T_D$ ) digunakanlah rumus-rumus berikut ini:

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \quad (\text{Pers. 5})$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \quad (\text{Pers. 6})$$

$$P_r = \frac{t_r}{2} \times t_{pR} \quad (\text{Pers. 7})$$

Keterangan:

- $t_D$  : Waktu standar hujan efektif (jam)
- $t_r$  : Waktu hujan efektif yang terjadi (jam)
- $t_p$  : Waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_d$  ke puncak hidrograf (jam)
- $t_{pR}$  : Waktu dari titik berat durasi hujan ( $t_r$ ) ke puncak hidrograf (jam)
- $T$  : Waktu dasar Hidrograf Satuan Sintetis (hari)
- $Q_p$  : Debit puncak Hidrograf Satuan Sintetis untuk durasi hujan standar  $t_D$
- $Q_{pR}$  : Debit puncak untuk durasi waktu hujan efektif ( $t_r$ )
- $L$  : Panjang sungai yang paling panjang (sungai utama) terhadap titik tinjauan (km)
- $L_c$  : Jarak titik acuan ke titik yang paling dekat dengan titik berat suatu DAS (km)
- $A$  : Luas dari suatu DAS (km<sup>2</sup>)
- $C_t$  : Koefisien dengan nilai yang tergantung dengan variabel kemiringan DAS. Nilainya berbeda-beda tiap DAS yaitu sebesar 1,4 sd 1,7
- $C_p$  : Koefisien dengan nilai yang tergantung dengan variabel karakteristik suatu DAS. Nilainya berbeda-beda tiap DAS yaitu antara 0,5 sampai 0,19
- $P_r$  : Waktu yang dibutuhkan dari mulai hujan sampai ke puncak hujan

Setelah dicari menggunakan rumus-rumus tersebut, maka Hidrograf Satuan Sintetis bisa digambarkan. Namun untuk mempermudah dalam penggambarannya terdapat juga rumus seperti di bawah ini:

$$W_{50} = \frac{0,23 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (\text{Pers. 8})$$

$$W_{75} = \frac{0,13 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (\text{Pers. 9})$$

Keterangan

- $A$  : Luas DAS (km<sup>2</sup>)
- $Q_{pR}$  : Debit saat  $t_r$  tidak sama dengan  $t_D$  (m<sup>3</sup>/s)
- $W_{50}$  : hidrograf pada debit 50% dari debit puncak
- $W_{75}$  : hidrograf pada debit 75% dari debit puncak

Variabel  $W_{50}$  adalah hidrograf pada debit 50% dari debit puncak dan  $W_{75}$  adalah hidrograf pada debit 75% dari debit puncak, satuan dari kedua variabel tersebut adalah jam. Mengacu dari definisi kedua variabel tersebut bisa diketahui bahwa lebar  $W_{50}$  dan  $W_{75}$  memiliki perbandingan 1:2.[5]

### 2.2.5. HSS Metode SCS (Soil Conservation Service)

Nama lain dari Metode ini adalah hidrograf tak berdimensi. Metode ini berasal dari gabungan beberapa hidrograf. Sumbu Y yaitu sumbu yang menggambarkan besarnya debit pada waktu yang ada di sumbu X, berdasarkan Gupta (1989),

nilai hidrograf bisa dihitung dengan menggunakan perhitungan-perhitungan rumus-rumus berikut ini.

$$Q_p = \frac{0,208 A}{P_r} \quad (\text{Pers. 10})$$

$$P_r = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (\text{Pers. 11})$$

$$T_p = Ct(L \times L_c)^{0,3} \quad (\text{Pers. 12})$$

$$T_B = \frac{T_B}{T_p} \times T_p \quad (\text{Pers. 13})$$

Keterangan:

- $A$  = Luas DAS (m<sup>2</sup>)
- $P_r$  =  $t_l$  = Time lag Snyder (jam)
- $T_p$  = Waktu puncak (jam)
- $Q_p$  = Debit puncak (jam)
- $T_B$  = Waktu dasar (jam)

Terdapat tabel yang digunakan dalam perhitungan HSS Metode Snyder. berikut adalah tabel tersebut

Tabel 1. Tabel HSS Metode SCS

t/tp	q/qp	rasio	v
0.000	0.000	0.150	0.00
0.100	0.015	0.600	0.00
0.200	0.075	0.850	0.00
0.300	0.160	1.200	0.01
0.400	0.280	1.500	0.02
0.500	0.430	1.700	0.04
0.600	0.600	1.700	0.05
0.700	0.770	1.200	0.07
0.800	0.890	0.800	0.08
0.900	0.970	0.300	0.09
1.000	1.000	-0.200	0.10
1.100	0.980	-0.600	0.10
1.200	0.920	-0.800	0.10
1.300	0.840	-0.900	0.09
1.400	0.750	-0.900	0.08
1.500	0.660	-1.000	0.07
1.600	0.560	-0.700	0.06
1.800	0.420	-0.500	0.10
2.000	0.320	-0.400	0.07
2.200	0.240	-0.300	0.06
2.400	0.180	-0.250	0.04
2.600	0.130	-0.160	0.03
2.800	0.098	-0.115	0.02
3.000	0.075	-0.078	0.02
3.500	0.036	-0.036	0.03
4.000	0.018	-0.018	0.01
4.500	0.009	-0.010	0.01
5.000	0.004	0.001	0.00

Tabel tersebut digunakan untuk mencari  $Q_t$  yang mana rumus tersebut ini didapatkan dari perhitungan yang dilakukan oleh Dantje K. Natakusumah pada tahun 2010, berikut adalah penjabaran dari rumus tersebut.

$$=F(B112 \leftarrow \$H\$10, VLOOKUP(B112, \$A\$28:\$C\$55, 2) + VLOOKUP(B112, \$A\$28:\$C\$55, 3)) * (B112 - (VLOOKUP(B112, \$A\$28:\$C\$55, 1))), 0$$

Keterangan:

- 1 =  $t = T/T_p$  (berasal dari waktu T dibagi waktu puncak  $T_p$ )
- 2 =  $T_B/T_p$  (berasal dari data DAS)
- 3 =  $q/q_p$  (berasal dari tabel SCS)
- 4 = rasio (berasal dari tabel SCS)

$5 = T/T_p$  (berasal dari waktu  $T$  dibagi waktu puncak  $T_p$ )

$6 = t/t_p$  (berasal dari tabel SCS)

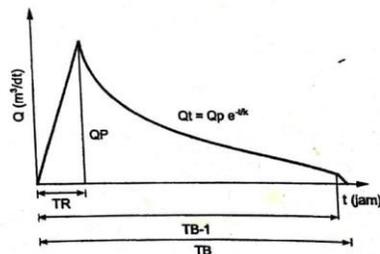
Agar mudah dipahami, berikut adalah penulisan rumus di atas.

$$q_t = \frac{q}{q_p} + rasio \times \left( \frac{T}{T_p} - \frac{t}{t_p} \right) \quad (\text{Pers. 14})$$

Pengimplementasian di tabel akan berbentuk sebagai berikut.

### 2.2.6. HSS Metode GAMA 1

Hidrograf satuan sintesis Metode ini diciptakan Sri Harto tahun 1985 yang berasal dari UGM. Metode ini diperoleh setelah melakukan penelitian terhadap perilaku yang berhubungan dengan hujan dan debit dari 30 daerah aliran sungai di Jawa. Metode ini bisa digunakan di wilayah di luar pulau Jawa. Berdasarkan studi literatur, Metode ini juga bisa dengan baik digunakan di beberapa pulau atau tempat lain. Ada beberapa bagian untuk membentuk hidrograf ini, bagian-bagian tersebut antara lain: sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*) dan sisi turun (*recession limb*). Bentuk hidrograf Metode ini bisa dilihat di gambar di bawah. Bila dilihat di grafiknya itu ada patahan yang terletak di sisi turun hidrograf tersebut. Penyebab dari patahan tersebut dikarenakan bagian turun ini bernilai eksponensial yang berarti tidak mungkin atau mustahil debit akan bernilai nol (0). walaupun nilai nol itu terlihat kecil namun tetap tidak bisa dihiraukan karena bisa dilihat dari pengertian Hidrograf Satuan Sintesis yang mana volume hidrograf satuan ini adalah harus sama dengan 1, semakin jauh perbedaan dengan nilai 1 tersebut maka hidrograf akan semakin tidak tepat. Berikut adalah gambar dari HSS Metode GAMA 1. [5]



Gambar 2. HSS Metode GAMA 1

Hidrograf satuan sintesis dengan Metode ini memiliki beberapa variabel utama, variabel-variabel tersebut antara lain adalah debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $T_B$ ), waktu naik (*Time Rise*  $T_R$ ), dan sisi resesi yang nilainya ditentukan dari nilai koefisien tampungan ( $K$ ).

Nilai koefisien tampungan tersebut bisa dicari menggunakan persamaan dari rumus berikut ini

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \quad (\text{Pers. 15})$$

Keterangan:

$Q_t$  : Debit pada saat waktu  $t$  ( $m^3/s$ )

$Q_p$  : Debit puncak atau terbesar ( $m^3/s$ )

$t$  : Waktu  $t$  saat terjadinya  $Q_p$  (jam)

$K$  : Koefisien tampungan (jam)

Untuk mencarinya adalah dengan menghubungkan persamaan tersebut sehingga bisa didapatkanlah nilai dari koefisien tersebut.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam HSS Gama I sebagai berikut.

1. Waktu puncak HSS Gama I ( $TR$ )

Variabel ini memperlihatkan waktu saat terjadinya debit terbesar atau debit puncak. Rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$TR = 0,43 \left( \frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (\text{Pers. 16})$$

Keterangan:

$L$  : Panjang sungai utama (km)

$SF$  : Faktor sumber, dicari dengan membandingkan banyaknya panjang sungai tingkat satu dengan banyaknya panjang sungai semua tingkat

$SIM$  : Faktor simetri, dicari dengan mengalikan faktor lebar ( $WF$ ) dengan luas DAS yang berada di hulu DAS ( $RUA$ )

$TR$  : Waktu puncak HSS GAMA 1 (jam)

2. Debit puncak banjir ( $QP$ )

Variabel ini memperlihatkan besarnya debit paling besar yang terjadi selama dilakukannya analisa. Rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381} \quad (\text{Pers. 17})$$

Keterangan:

$A$  : Luas DAS ( $km^2$ )

$TR$  : Waktu puncak HSS GAMA 1 (jam)

$JN$  : Banyaknya pertemuan sungai-sungai yang ada dalam wilayah DAS.

3. Waktu dasar ( $TB$ )

Variabel ini memperlihatkan waktu  $t$  saat debit dasar atau debit yang selalu ada di suatu DAS.

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \quad (\text{Pers. 18})$$

Keterangan:

$TR$  : Waktu puncak HSS Gama I (jam)

$S$  : Kemiringan dasar sungai yang ada di DAS.

$SN$  : Frekuensi sumber, dicari dengan membandingkan jumlah banyaknya pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah banyaknya pangsa sungai semua tingkat

$RUA$  : Luas DAS sebelah hulu, dicari dengan membandingkan besarnya luas DAS yang diukur yang terletak di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubungan antara stasiun hidrometri yang ada dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melalui titik tersebut.

4. Koefisien tampungan atau koefisien resesi (*K*)

Untuk mencari variabel ini diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \quad (\text{Pers. 19})$$

Keterangan:

*A* : Luas DAS (km<sup>2</sup>)

*TR* : Waktu puncak HSS Gama I (jam)

*S* : Kemiringan dasar sungai yang ada di DAS.

*SN* : Frekuensi sumber, dicari dengan membandingkan banyaknya pangsa sungai tingkat satu dengan banyaknya pangsa sungai semua tingkat

5. Aliran dasar (*Q<sub>B</sub>*)

Aliran dasar adalah debit yang ada walaupun musim kemarau tiba. Sungai memiliki debit dasar.

$$Q_B = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,9430} \quad (\text{Pers. 20})$$

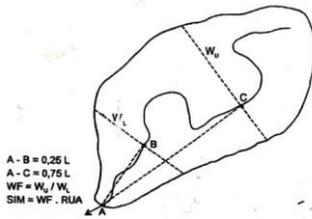
Keterangan:

*A* : Luas DAS (km<sup>2</sup>)

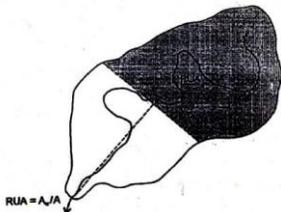
*TR* : Waktu puncak HSS GAMA 1 (jam)

*D* : Kerapatan jaringan kurus, dicari dengan menjumlahkan panjang sungai semua tingkat per satuan luas DAS.

Perhitungan variabel faktor lebar (*WF*) dan luas DAS sebelah hulu (*RUA*) diilustrasikan seperti pada gambar berikut



Gambar 3. Sketsa Penetapan WF



Gambar 4. Sketsa Penetapan RUA

Terdapat persamaan tambahan dalam Metode ini yang memiliki nama indeks infiltrasi. Semakin besar indeks infiltrasi ini maka nilai infiltrasi akan semakin besar pula, begitu pun sebaliknya bila indeks infiltrasi bernilai semakin rendah maka besar infiltrasi pun akan semakin rendah dan akan terjadi debit limpasan langsung yang semakin besar.

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{A}{SN}\right)^4 \quad (\text{Pers. 21})$$

Keterangan:

$\Phi$  : Indeks infiltrasi (mm/jam)

*A* : Luas suatu DAS (km<sup>2</sup>)

*SN* : Frekuensi sumber

2.2.7. HSS Metode Nakayasu

Metode ini dibuat di Jepang. Berdasarkan dari studi literatur, hidrograf ini didapatkan dari dilakukan penelitian terhadap beberapa sungai di daerah Jepang lalu didapatkanlah Metode dengan nama Nakayasu (Soemarto, 1987). Dari penelitian tersebut didapatkan persamaan-persamaan di bawah, dari persamaan-persamaan di bawah tersebut lalu Hidrograf Satuan Sintetis bisa dibentuk. Berikut adalah persamaan-persamaan yang terdapat pada Metode Nakayasu.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{A Re}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \quad (\text{Pers. 22})$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (\text{Pers. 23})$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad L > 15 \text{ km} \quad (\text{Pers. 24})$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad L < 15 \text{ km} \quad (\text{Pers. 25})$$

$$T_{0,3} = \alpha t_r \quad (\text{Pers. 26})$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (\text{Pers. 27})$$

Keterangan:

*Q<sub>p</sub>* : Debit puncak (m<sup>3</sup>/s)

*A* : Luasan DAS (km<sup>2</sup>)

*Re* : Curah hujan efektif yang besarnya 1 mm

*T<sub>p</sub>* : Waktu yang diperlukan dari permukaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

*T<sub>0,3</sub>* : Waktu yang dibutuhkan dari puncak banjir sampai dengan 0,3 dikali debit puncak (jam)

*t<sub>g</sub>* : Waktu dari permukaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

*T<sub>r</sub>* : Satuan waktu yang digunakan yang dicari dari curah hujan (jam)

$\alpha$  : Koefisien karakteristik DAS

*L* : Panjang sungai utama atau sungai paling panjang (km)

Hidrograf untuk membentuk grafiknya terdiri dari beberapa bagian antara lain adalah kurva naik dan kurva turun dalam berbagai keadaan. Berikut adalah rumus-rumus setiap bagian di Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu.

a. Kurva naik pada saat  $0 < t < T_p$

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (\text{Pers. 28})$$

Keterangan:

*t* : Waktu hujan (jam)

*T<sub>p</sub>* : Waktu saat debit puncak (jam)

*Q<sub>p</sub>* : Debit puncak (m<sup>3</sup>/s)

*Q<sub>t</sub>* : Debit pada waktu *t* (m<sup>3</sup>/s)

b. Kurva turun pada saat  $T_p < t < T_p + T_{0,3}$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t - T_p) / T_{0,3}} \quad (\text{Pers. 29})$$

Keterangan:

*t* : Waktu hujan (jam)

*T<sub>p</sub>* : Waktu saat debit puncak (jam)

- $T_{0,3}$  : Waktu saat debit 0,3 kali debit puncak (jam)  
 $Q_p$  : Debit puncak ( $m^3/s$ )  
 $Q_t$  : Debit pada waktu  $t$  ( $m^3/s$ )  
 c. Kurva turun pada saat  $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$   

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left[ \frac{(t - T_p) + (0,5 T_{0,3})}{(1,5 T_{0,3})} \right] \quad (\text{Pers. 30})$$

Keterangan:

- $t$  : Waktu hujan (jam)  
 $T_p$  : Waktu saat debit puncak (jam)  
 $T_{0,3}$  : Waktu saat debit 0,3 kali debit puncak (jam)  
 $Q_p$  : Debit puncak ( $m^3/s$ )  
 $Q_t$  : Debit pada waktu  $t$  ( $m^3/s$ )  
 d. kurva turun pada saat  $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$   

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left[ \frac{(t - T_p) + (1,5 T_{0,3})}{(2 T_{0,3})} \right] \quad (\text{Pers. 31})$$

Keterangan:

- $t$  : Waktu hujan (jam)  
 $T_p$  : Waktu saat debit puncak (jam)  
 $T_{0,3}$  : Waktu saat debit 0,3 kali debit puncak (jam)  
 $Q_p$  : Debit puncak ( $m^3/s$ )  
 $Q_t$  : Debit pada waktu  $t$  ( $m^3/s$ )

### 2.2.8. Volume Aliran Permukaan DAS ( $V_{DAS}$ )

Berdasarkan Natakusumah (2011), Volume aliran permukaan DAS adalah volume hujan efektif satu satuan yang jatuh merata di seluruh permukaan DAS, dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_{DAS} = R \times A_{DAS} \quad (\text{Pers. 32})$$

Keterangan:

- $V_{DAS}$  : Volume aliran permukaan DAS ( $m^3$ )  
 $R$  : Curah hujan satuan (m)  
 $A_{DAS}$  : Luas DAS ( $m^2$ )

### 2.2.9. Volume Aliran Permukaan HSS ( $V_{HSS}$ )

Berdasarkan Triatmodjo (2008), untuk mencari volume aliran permukaan DAS yang dihitung menggunakan metode HSS adalah dengan menggunakan rumus persamaan di bawah ini:

$$V_{HSS} = \sum Q_t * \Delta t \quad (\text{Pers. 33})$$

Keterangan:

- $V_{HSS}$  : Volume aliran permukaan HSS ( $m^3$ )  
 $\sum Q_t$  : Total debit ( $m^3/s$ )  
 $\Delta t$  : Waktu Interval hujan (jam)

### 2.2.10. Tinggi Limpasan Langsung ( $H_{DRO}$ )

Limpasan langsung (*Direct Runoff*) adalah total jumlah air yang mengalir di permukaan akibat kelebihan air hujan (*Water Surplus*).

Berdasarkan definisi dari hidrograf satuan, nilai tinggi limpasan langsung harus sama dengan 1 mm, semakin

nilainya mendekati 1 maka Hidrograf Satuan Sintetis semakin sesuai dengan hidrograf aslinya.

Berdasarkan Natakusumah (2011), jika Volume Aliran Permukaan HSS dibagi dengan luas DAS yang sudah dikali 1000 sehingga akan didapatkan tinggi limpasan langsung atau yang biasa disebut  $H_{DRO}$  yang memiliki nilai sama seperti hujan satuan yaitu 1 mm

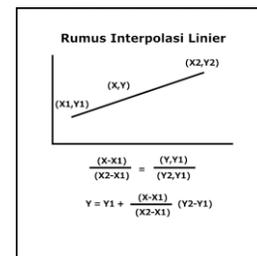
$$H_{DRO} = \frac{V_{HSS}}{A_{DAS}} = 1 \quad (\text{Pers. 34})$$

Keterangan:

- $H_{DRO}$  : Tinggi limpasan langsung (mm)  
 $V_{HSS}$  : Volume aliran permukaan DAS dari HSS ( $m^3$ )  
 $A_{DAS}$  : Luas DAS ( $m^2$ )

### 2.2.11. Interpolasi Linear

Berdasarkan Jadipaham (2018), interpolasi adalah cara mencari suatu nilai dengan menggunakan konsep perbandingan dan persamaan dengan nilai lain yang memiliki hubungan persamaan dengan nilai yang dicari. Persamaan yang ada harus bersifat linear yang mana artinya bila salah satu sumbu berubah nilai maka sumbu lain akan berubah juga dengan perubahan yang sama bobotnya dengan perbedaan perubahan sumbu yang satunya. Untuk mempermudah pemahaman bisa dilihat gambar berikut ini:



Gambar 5. Rumus Interpolasi Linier

Dari gambar tersebut maka bisa didapatkan persamaan linear sebagai berikut:

$$Y = Y1 + \frac{(X-X1)}{(X2-X1)} (Y2 - Y1) \quad (\text{Pers. 35})$$

Dengan cara ini setiap titik yang berada di antara dua titik diketahui memiliki hubungan linear akan dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan rumus interpolasi linear tersebut.

### 2.2.12. Perhitungan Infiltrasi

Terdapat beberapa Metode untuk menghitung infiltrasi. Menurut studi literatur dari peneliti, Metode yang bisa digunakan untuk menghitung infiltrasi antara lain: Metode Horton, Metode Kostikov, dan Metode Philip.

Dalam hal perhitungan infiltrasi ini, perancang memilih menggunakan Model Horton untuk dimasukkan ke dalam

program, alasan pemilihannya karena variabel yang dibutuhkan lebih mudah untuk didapatkan.

Model Horton ditemukan oleh Horton tahun 1933. Metode ini memiliki pernyataan bahwa besarnya kapasitas infiltrasi berbanding terbalik dengan waktu hingga mendekati nilai yang konstan. Penurunan kapasitas infiltrasi tersebut dipengaruhi oleh faktor yang bekerja di permukaan tanah dari pada faktor yang bekerja di dalam tanah. Faktor yang berpengaruh tersebut antara lain, retakan tanah yang ditutup oleh zat koloid dan pembentukan kerak tanah dan pengangkutan partikel halus yang terdapat pada permukaan tanah yang disebabkan oleh air hujan.

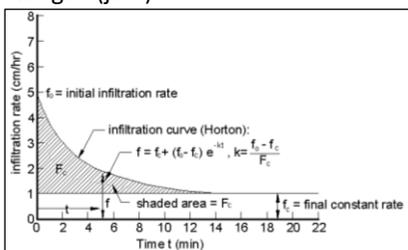
Untuk mencari nilai kecepatan infiltrasi dicari dengan menggunakan Metode Horton ini bisa dicari menggunakan rumus berikut ini

$$f = f_c + (f_0 + f_c) \times e^{-kt} \quad \text{(Pers. 36)}$$

$$k = \frac{f_0 - f_c}{F_c} \quad \text{(Pers. 37)}$$

Keterangan:

- $f$  : Kecepatan infiltrasi (m/jam)
- $f_0$  : Kecepatan infiltrasi pada saat awal (cm/jam)
- $f_c$  : Kecepatan infiltrasi pada saat akhir (cm/jam)
- $e$  : Bilangan dasar Logaritma Naperian
- $F_c$  : Besar selisih antara volume total infiltrasi dengan volume infiltrasi konstan (cm) atau sama dengan luas kurva yang di arsir seperti gambar di bawah
- $k$  : Koefisien Horton
- $t$  : Waktu dari awal hujan turun sampai dilakukannya perhitungan (jam)



Gambar 6. Infiltrasi Horton

Untuk mencari nilai infiltrasi dicari dengan menggunakan Metode Horton ini diperlukan data hujan yang banyak dan rinci yang berarti semakin rinci semakin bagus, misalkan 30 menit, waktu tersebut terus bertambah sampai nilai dari laju infiltrasi besarnya konstan atau tetap atau besarnya perubahan sangat kecil. Besarnya curah hujan efektif dapat dicari dengan mengurangi volume hujan yang turun dengan volume infiltrasi yang terjadi.

**Tabel 2.** Laju Infiltrasi Berbagai Kelompok Tanah Selama 1 Jam

Kelompok	Laju infiltrasi setelah 1 jam (mm/jam)
Tinggi (tanah berpasir)	12,50 - 25,00
Menengah (banyak geluh, lempung, lumpur)	2,50 - 12,50
Rendah (banyak lempung, geluh lempung)	0,25 - 2,50

**Tabel 3.** Perkiraan Parameter Horton

Soil and Cover Complex	$f_0$ (mm/jam)	$f_c$ (mm/jam)	$K$ Menit <sup>-1</sup>
Standard agricultural (bare)	280	6 - 220	1,6
Standard agricultural (turfed)	900	20 - 290	0,8
Peat	325	2 - 29	1,8
Fine Sandy Clay (bare)	210	2 - 25	2,0
Fine Sandy Clay (turfed)	670	10 - 30	1,4

### 2.2.13. Kesalahan (error)

Secara sederhana, nilai *Error* tersebut adalah gambaran seberapa besar perbedaan  $H_{DRO}$  dengan tinggi hujan, dalam hal ini tinggi hujan pada HSS besarnya adalah 1 mm. *Error* yang digunakan pada program ini menggunakan rumus berikut.[7]

$$error = \frac{|approx - exact|}{exact} \times 100 \quad \text{(Pers. 38)}$$

Keterangan:

- approx* : Nilai perkiraan
- exact* : Nilai akurat

Dalam penelitian ini, yang bertindak sebagai nilai *approx* adalah hasil dari program perancangan, sedangkan nilai *exact* adalah hasil perhitungan manual.

Semakin besar perbedaan  $H_{DRO}$  dengan nilai 1 maka Hidrograf semakin tidak akurat.

Bila  $H_{DRO}$  tidak bernilai 1 maka hasil perhitungan tidak dapat dikatakan HSS dikarenakan hal tersebut menyebabkan tidak sesuaunya dengan konsep Sherman mengenai Hidrograf. Oleh karena itu nilai  $H_{DRO}$  yang tidak 1 mm harus dikoreksi agar menjadi 1.

Koreksi dari nilai  $H_{DRO}$  agar bernilai 1 adalah dengan cara mencari  $Q_t$  koreksi dan Volume Aliran Permukaan HSS koreksi, berikut adalah rumus untuk mencari  $Q_t$  koreksi.

$$Q_t \text{ Koreksi} = \frac{Q_t}{H_{DRO}} \quad \text{(Pers. 39)}$$

Keterangan :

- $Q_t$  : Debit pada waktu  $t$  ( $m^3/s$ ) sebelum dikoreksi
- $Q_t \text{ Koreksi}$  : Debit pada waktu  $t$  ( $m^3/s$ ) setelah dikoreksi
- $H_{DRO}$  : Tinggi limpasan langsung sebelum dilakukan koreksi (mm)

Berikut adalah rumus untuk mencari Volume Aliran Permukaan HSS Koreksi.

$$V_{HSS\text{Koreksi}} = \sum Q_t \text{koreksi} \times \Delta t \quad (\text{Pers. 40})$$

Keterangan:

$V_{HSS\text{Koreksi}}$  : Volume aliran permukaan HSS koreksi ( $m^3$ )

$\sum Q_t \text{Koreksi}$  : Jumlah  $Q_t$  koreksi ( $m^3/s$ )

$\Delta t$  : Waktu interval hujan (jam)

Berikut adalah rumus untuk mencari  $H_{DRO}$  Koreksi.

$$H_{DRO\text{Koreksi}} = \frac{V_{HSS\text{Koreksi}}}{A_{DAS}} = 1 \quad (\text{Pers. 41})$$

Keterangan:

$H_{DRO\text{Koreksi}}$  : Tinggi limpasan langsung koreksi (mm)

$V_{HSS\text{Koreksi}}$  : Volume Aliran Permukaan HSS setelah dilakukan koreksi ( $m^3$ )

$A_{DAS}$  : Luas DAS ( $m^2$ )

### 2.3. Desain Antarmuka

Antarmuka (User Interface) adalah cara yang didapatkan oleh manusia yang berfungsi agar manusia bisa berinteraksi, melakukan perintah-perintah, merasakan manfaat komputer sehingga tujuan dari manusia itu bisa tercapai [8]

Secara sederhana, antarmuka suatu program komputer adalah tampilan dari layar komputer itu sendiri yang berfungsi sebagai tampilan yang digunakan manusia untuk mengontrol komputer untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan. Dalam tahap ini program dirancang tampilannya yang diharapkan agar terlihat sederhana dan mudah untuk dipahami pengguna.

### 2.4. Perancangan Algoritma

Algoritma adalah prosedur komputasi yang mengambil beberapa nilai atau kumpulan nilai sebagai input kemudian di proses sebagai output sehingga algoritma merupakan urutan langkah komputasi yang mengubah input menjadi output.[9]

Berdasarkan definisi tersebut, algoritma bisa diartikan sebagai langkah-langkah, cara-cara, tahapan-tahapan, alur-alur yang bisa diproses oleh komputer yang bertujuan untuk melaksanakan pekerjaan-pekerjaan sesuai dengan perancangan algoritma untuk mencapai tujuan tertentu.

### 2.5. Pengujian Program

Program diuji dengan membandingkan hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan program HISITERA dengan perhitungan yang dilakukan secara manual untuk dianalisis agar mendapatkan hasil apakah algoritma program telah sesuai dengan perhitungan yang dilakukan secara manual.

## 2.6. Analisis Hasil

Perhitungan HSS yang dilakukan dengan cara manual dan perhitungan dengan menggunakan Program HISITERA berdasarkan diagram alir masing-masing bila telah selesai dilakukan lalu hasilnya dibandingkan untuk menganalisis apakah perhitungan yang dilakukan oleh program hasil perancangan telah sesuai dengan perhitungan yang dilakukan secara manual. Hasil dari perbandingan ini terdapat pada nilai eror didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2.38).

## HASIL DAN DISKUSI

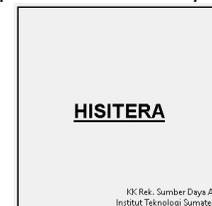
### 3.1. Desain Antarmuka

Program yang dirancang bernama "HISITERA" yang berasal dari gabungan "HSS" dan "ITERA". Penerapan algoritma menjadi Program GUI atau program yang memiliki tampilan adalah dengan mengimplementasikan Librari Tkinter dalam perancangan algoritma.

#### 3.1.1. Splash Screen

*Splash screen* adalah jendela yang biasanya muncul saat aplikasi atau program diluncurkan, biasanya berisi logo perusahaan atau terkadang beberapa informasi bermanfaat tentang pengembangan. Ini bisa berupa animasi atau gambar atau logo atau sejenisnya. [10]

Berikut adalah tampilan desain dari *Splash Screen*.



Gambar 7. *Splash Screen*

#### 3.1.2. Form Data

Program terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. *Form* Karakteristik DAS
2. *Form* Parameter Horton
3. *Form* HSS Metode Nakayasu
4. *Form* HSS Metode Snyder
5. *Form* HSS Metode SCS
6. *Form* HSS Metode GAMA 1
7. *Output* Tabel HSS
8. *Output* Grafik HSS
9. *Output* Tabel Hidrograf Banjir
10. *Output* Grafik Hidrograf Banjir

Tampilan bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

1. Data Utama

Bagian ini berisi data yang diperlukan semua metode HSS dalam perhitungan, meliputi data karakteristik DAS dan data Metode Horton.



Gambar 8. HISITERA Bagian Data Utama

2. Form HSS Metode Nakayasu

Bagian ini berisi perhitungan HSS Metode Nakayasu yang terdiri dari 3 bagian yaitu, parameter perhitungan, variabel hasil, dan tombol-tombol perintah.



Gambar 9. HISITERA Bagian Metode Nakayasu

3. Form HSS Metode Snyder

Bagian ini berisi perhitungan HSS Metode Snyder yang terdiri dari 3 bagian yaitu, parameter perhitungan, variabel hasil, dan tombol-tombol perintah.



Gambar 10. HISITERA Bagian Metode Snyder

4. Form HSS Metode SCS

Bagian ini berisi perhitungan HSS Metode SCS yang terdiri dari 3 bagian yaitu, parameter perhitungan, variabel hasil, dan tombol-tombol perintah.



Gambar 11. HISITERA Bagian Metode SCS

5. Form HSS Metode GAMA 1

Bagian ini berisi perhitungan HSS Metode GAMA 1 yang terdiri dari 3 bagian yaitu, parameter perhitungan, variabel hasil, dan tombol-tombol perintah.



Gambar 12. HISITERA Bagian Metode GAMA 1

6. Tampilan Output Tabel HSS

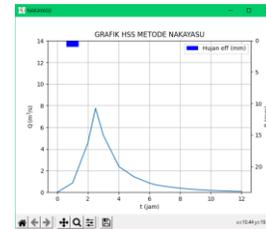
Berikut adalah contoh tampilan program dalam menampilkan tabel HSS.

t	Q (mm/jam)	Q (mm/jam)	Q (mm/jam)
0	0.0	0.0	0.0
1	1.004239303882	0.8460546776071078	
2	7.0466217612915	6.64605367362615	
2.400	74.097282031242071	77.088240441000	
3	8.1419940151346	76.303366291518815	
4	8.1867664269965	74.412099910108	
4.250	8.00876020776028	72.81861344824810	
5	8.2071783625715	71.81881173898822	
6	14.1751571705668	65.87252546299624	
6.156	14.02811828113028	65.69919158470815	
7	8.037988187626262	63.53557122804481	
8	0.58358644856462	62.3765176521701574	
9	0.398473887187428	62.2526182912926252	
10	0.260266216787845	61.746233833771812	
11	0.183147349292915	61.18338678548156	
12	0.145912084746972	60.684818872147108	

Gambar 13. Tampilan Tabel HSS Metode Nakayasu

7. Tampilan Output Grafik HSS

Berikut adalah contoh tampilan program dalam menampilkan Grafik HSS.



Gambar 14. Tampilan Grafik HSS Metode Nakayasu

8. Tampilan Output Tabel Hidrograf Banjir

Berikut adalah contoh tampilan program dalam menampilkan Tabel Hidrograf Banjir.

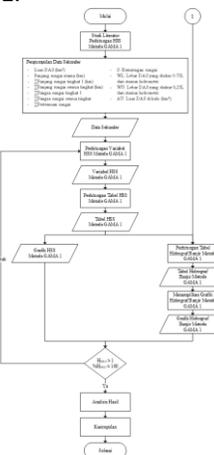
t	Q	I
0.0	0.0	0.0
0.25	100.0	100.0
0.5	200.0	200.0
0.75	300.0	300.0
1.0	400.0	400.0
1.25	500.0	500.0
1.5	600.0	600.0
1.75	500.0	500.0
2.0	400.0	400.0
2.25	300.0	300.0
2.5	200.0	200.0
2.75	100.0	100.0
3.0	50.0	50.0
3.25	25.0	25.0
3.5	12.5	12.5
3.75	6.25	6.25
4.0	3.125	3.125
4.25	1.5625	1.5625
4.5	0.78125	0.78125
4.75	0.390625	0.390625
5.0	0.1953125	0.1953125
5.25	0.09765625	0.09765625
5.5	0.048828125	0.048828125
5.75	0.0244140625	0.0244140625
6.0	0.01220703125	0.01220703125
6.25	0.006103515625	0.006103515625
6.5	0.0030517578125	0.0030517578125
6.75	0.00152587890625	0.00152587890625
7.0	0.000762939453125	0.000762939453125
7.25	0.0003814697265625	0.0003814697265625
7.5	0.00019073486328125	0.00019073486328125
7.75	9.536743243164062e-05	9.536743243164062e-05
8.0	4.768371621582031e-05	4.768371621582031e-05
8.25	2.384185810791016e-05	2.384185810791016e-05
8.5	1.192092905395508e-05	1.192092905395508e-05
8.75	5.96046452697754e-06	5.96046452697754e-06
9.0	2.98023226348877e-06	2.98023226348877e-06
9.25	1.490116131744385e-06	1.490116131744385e-06
9.5	7.450580658722125e-07	7.450580658722125e-07
9.75	3.725290329361062e-07	3.725290329361062e-07
10.0	1.862645164680531e-07	1.862645164680531e-07
10.25	9.31322582340266e-08	9.31322582340266e-08
10.5	4.65661291170133e-08	4.65661291170133e-08
10.75	2.328306455850665e-08	2.328306455850665e-08
11.0	1.164153227925332e-08	1.164153227925332e-08
11.25	5.82076613962666e-09	5.82076613962666e-09
11.5	2.91038306981333e-09	2.91038306981333e-09
11.75	1.455191534906665e-09	1.455191534906665e-09
12.0	7.275957674533325e-10	7.275957674533325e-10
12.25	3.637978837266662e-10	3.637978837266662e-10
12.5	1.818989418633331e-10	1.818989418633331e-10
12.75	9.094947093166655e-11	9.094947093166655e-11
13.0	4.547473546583327e-11	4.547473546583327e-11
13.25	2.273736773291664e-11	2.273736773291664e-11
13.5	1.136868386645832e-11	1.136868386645832e-11
13.75	5.684341933229161e-12	5.684341933229161e-12
14.0	2.842170966614581e-12	2.842170966614581e-12
14.25	1.421085483307291e-12	1.421085483307291e-12
14.5	7.105427416536455e-13	7.105427416536455e-13
14.75	3.552713708268227e-13	3.552713708268227e-13
15.0	1.776356854134114e-13	1.776356854134114e-13
15.25	8.88178427067057e-14	8.88178427067057e-14
15.5	4.440892135335285e-14	4.440892135335285e-14
15.75	2.220446067667642e-14	2.220446067667642e-14
16.0	1.110223033833821e-14	1.110223033833821e-14
16.25	5.551115169169105e-15	5.551115169169105e-15
16.5	2.775557584584552e-15	2.775557584584552e-15
16.75	1.387778792292276e-15	1.387778792292276e-15
17.0	6.93889396146138e-16	6.93889396146138e-16
17.25	3.46944698073069e-16	3.46944698073069e-16
17.5	1.734723490365345e-16	1.734723490365345e-16
17.75	8.673617451827725e-17	8.673617451827725e-17
18.0	4.336808725913862e-17	4.336808725913862e-17
18.25	2.168404362956931e-17	2.168404362956931e-17
18.5	1.084202181478465e-17	1.084202181478465e-17
18.75	5.421010907392325e-18	5.421010907392325e-18
19.0	2.710505453696162e-18	2.710505453696162e-18
19.25	1.355252726848081e-18	1.355252726848081e-18
19.5	6.776263634240405e-19	6.776263634240405e-19
19.75	3.388131817120202e-19	3.388131817120202e-19
20.0	1.694065908560101e-19	1.694065908560101e-19
20.25	8.470329542800505e-20	8.470329542800505e-20
20.5	4.235164771400252e-20	4.235164771400252e-20
20.75	2.117582385700126e-20	2.117582385700126e-20
21.0	1.058791192850063e-20	1.058791192850063e-20
21.25	5.293955964250315e-21	5.293955964250315e-21
21.5	2.646977982125157e-21	2.646977982125157e-21
21.75	1.323488991062579e-21	1.323488991062579e-21
22.0	6.617444955312895e-22	6.617444955312895e-22
22.25	3.308722477656447e-22	3.308722477656447e-22
22.5	1.654361238828224e-22	1.654361238828224e-22
22.75	8.27180619414112e-23	8.27180619414112e-23
23.0	4.13590309707056e-23	4.13590309707056e-23
23.25	2.06795154853528e-23	2.06795154853528e-23
23.5	1.03397577426764e-23	1.03397577426764e-23
23.75	5.1698788713382e-24	5.1698788713382e-24
24.0	2.5849394356691e-24	2.5849394356691e-24
24.25	1.29246971783455e-24	1.29246971783455e-24
24.5	6.46234858917275e-25	6.46234858917275e-25
24.75	3.231174294586375e-25	3.231174294586375e-25
25.0	1.615587147293187e-25	1.615587147293187e-25
25.25	8.07793573646594e-26	8.07793573646594e-26
25.5	4.03896786823297e-26	4.03896786823297e-26
25.75	2.019483934116485e-26	2.019483934116485e-26
26.0	1.009741967058242e-26	1.009741967058242e-26
26.25	5.04870983529121e-27	5.04870983529121e-27
26.5	2.524354917645605e-27	2.524354917645605e-27
26.75	1.262177458822802e-27	1.262177458822802e-27
27.0	6.31088729411401e-28	6.31088729411401e-28
27.25	3.155443647057005e-28	3.155443647057005e-28
27.5	1.577721823528502e-28	1.577721823528502e-28
27.75	7.88860911764251e-29	7.88860911764251e-29
28.0	3.944304558821255e-29	3.944304558821255e-29
28.25	1.972152279410627e-29	1.972152279410627e-29
28.5	9.860761397053135e-30	9.860761397053135e-30
28.75	4.930380698526567e-30	4.930380698526567e-30
29.0	2.465190349263284e-30	2.465190349263284e-30
29.25	1.232595174631642e-30	1.232595174631642e-30
29.5	6.16297587315571e-31	6.16297587315571e-31
29.75	3.081487936577855e-31	3.081487936577855e-31
30.0	1.540743968288927e-31	1.540743968288927e-31
30.25	7.703719841444635e-32	7.703719841444635e-32
30.5	3.851859920722317e-32	3.851859920722317e-32
30.75	1.925929960361159e-32	1.925929960361159e-32
31.0	9.629649801805795e-33	9.629649801805795e-33
31.25	4.814824900902897e-33	4.814824900902897e-33
31.5	2.407412450451449e-33	2.407412450451449e-33
31.75	1.203706225225724e-33	1.203706225225724e-33
32.0	6.01853112612862e-34	6.01853112612862e-34
32.25	3.00926556306431e-34	3.00926556306431e-34
32.5	1.504632781532155e-34	1.504632781532155e-34
32.75	7.523163907660775e-35	7.523163907660775e-35
33.0	3.761581953830387e-35	3.761581953830387e-35
33.25	1.880790976915194e-35	1.880790976915194e-35
33.5	9.40395488457597e-36	9.40395488457597e-36
33.75	4.701977442287985e-36	4.701977442287985e-36
34.0	2.350988721143992e-36	2.350988721143992e-36
34.25	1.175494360571996e-36	1.175494360571996e-36
34.5	5.87747180285998e-37	5.87747180285998e-37
34.75	2.93873590142999e-37	2.93873590142999e-37
35.0	1.469367950714995e-37	1.469367950714995e-37
35.25	7.346839753574975e-38	7.346839753574975e-38
35.5	3.673419876787487e-38	3.673419876787487e-38
35.75	1.836709938393744e-38	1.836709938393744e-38
36.0	9.18354969196872e-39	9.18354969196872e-39
36.25	4.59177484598436e-39	4.59177484598436e-39
36.5	2.29588742299218e-39	2.29588742299218e-39
36.75	1.14794371149609e-39	1.14794371149609e-39
37.0	5.73971855748045e-40	5.73971855748045e-40
37.25	2.869859278740225e-40	2.869859278740225e-40
37.5	1.434929639370112e-40	1.434929639370112e-40
37.75	7.17464819685056e-41	7.17464819685056e-41
38.0	3.58732409842528e-41	3.58732409842528e-41
38.25	1.79366204921264e-41	1.79366204921264e-41
38.5	8.9683102460632e-42	8.9683102460632e-42
38.75	4.4841551230316e-42	4.4841551230316e-42
39.0	2.2420775615158e-42	2.2420775615158e-42
39.25	1.1210387807579e-42	1.1210387807579e-42
39.5	5.6051939037895e-43	5.6051939037895e-43
39.75	2.80259695189475e-43	2.80259695189475e-43
40.0	1.401298475947375e-43	1.401298475947375e-43
40.25	7.006492379736875e-44	7.006492379736875e-44
40.5	3.503246189868437e-44	3.503246189868437e-44
40.75	1.751623094934219e-44	1.751623094934219e-44
41.0	8.758115474671095e-45	8.758115474671095e-45
41.25	4.379057737335547e-45	4.379057737335547e-45
41.5	2.189528868667773e-45	2.189528868667773e-45
41.75	1.094764434333887e-45	1.094764434333887e-45
42.0	5.473822171666937e-46	5.473822171666937e-46
42.25	2.736911085833469e-46	2.736911085833469e-46
42.5	1.368455542916734e-46	1.368455542916734e-46
42.75	6.842277714583367e-47	6.842277714583367e-47
43.0	3.421138857291683e-47	3.421138857291683e-47
43.25	1.710569428645841e-47	1.710569428645841e-47
43.5	8.552847143229205e-48	8.552847143229205e-48
43.75	4.276423571614602e-48	4.276423571614602e-48
44.0	2.138211785807301e-48	2.138211785807301e-48
44.25	1.069105892903651e-48	1.069105892903651e-48
44.5	5.345529464518255e-49	5.345529464518255e-49
44.75	2.672764732259127e-49	2.672764732259127e-49
45.0	1.336382366129564e-49	1.336382366129564e-49
45.25	6.68191183064782e-50	6.68191183064782e-50
45.5	3.34095591532391e-50	3.34095591532391e-50
45.75	1.670477957661955e-50	1.670477957661955e-50
46.0	8.352389788309775e-51	8.352389788309775e-51
46.25	4.176194894154887e-51	4.176194894154887e-51
46.5	2.088097447077444e-51	2.088097447077444e-51
46.75	1.044048723538722e-51	1.044048723538722e-51
47.0	5.22024361769361e-52	5.22024361769361e-52
47.25	2.610121808846805e-52	2.610121808846805e-52
47.5	1.305060904423402e-52	1.305060904423402e-52
47.75	6.52530452211701e-53	6.52530452211701e-53
48.0	3.262652261058505e-53	3.262652261058505e-53
48.25	1.631326130529252e-53	1.631326130529252e-53
48.5	8.15663065264626e-54	8.15663065264626e-54
48.75	4.07831532632313e-54	4.07831532632313e-54
49.0	2.039157663161565e-54	2.039157663161565e-54
49.25	1.019578831580782e-54</	

4. Diagram Alir Perhitungan HSS Metode SCS  
Berikut adalah diagram alir perhitungan manual HSS Metode SCS.



Gambar 20. Diagram Alir Perhitungan HSS Metode SCS

5. Diagram Alir Perhitungan HSS Metode GAMA 1  
Berikut adalah diagram alir perhitungan manual HSS Metode GAMA 1.



Gambar 21. Diagram Alir Perhitungan HSS Metode GAMA 1

3.3.2. Perhitungan Program HISITERA

Perhitungan Program HISITERA dilakukan menggunakan dasar perhitungan manual dengan dasarnya studi literatur yang digunakan dalam penelitian.

3.3.3. Perbandingan Perhitungan

Berikut adalah tabel perbandingan hasil perhitungan HSS dengan cara manual dan dengan menggunakan Program HISITERA.

Tabel 4. Perbandingan Perhitungan

Metode	DATA	PARAMETER HASIL			Error (%)
		Variabel	Manual	HISITERA	
Horton	%fo = 10%	fo (mm)	26.796	26.796	0
	fc = 5 mm	ΣRtot (mm)	267.958	267.958	0
	k = 1 mm	ΣInfiltrasi (mm)	42.653	42.653	0
	Rtot:	ΣReff (mm)	225.305	225.305	0

Metode	DATA	PARAMETER HASIL			Error (%)
		Variabel	Manual	HISITERA	
	1 jam = 21,404 mm	-	-	-	-
	2 jam = 38,329 mm	-	-	-	-
	3 jam = 147,463 mm	-	-	-	-
	4 jam = 26,887 mm	-	-	-	-
	5 jam = 18,075 mm	-	-	-	-
	6 jam = 15,800 mm	-	-	-	-
Nakayasu	Luas DAS = 98.055 km <sup>2</sup>	tg (jam)	2.050	2.050	0
	P. Sungai Utama = 28.44 km	T <sub>0.3</sub> (jam)	4.099	4.099	0
	α = 2	tr (jam)	1.537	1.537	0
		Tp (jam)	3.279	3.279	0
		Qp (m3/s)	5.359	5.359	0
		V <sub>HSS</sub> (m3)	98055	98055	0
		H <sub>DRO</sub> (mm)	1	1	0
	%H <sub>DRO</sub>	84.907	84.907	0	
Snyder	Luas DAS = 500 km <sup>2</sup>	tp (jam)	8.385	8.385	0
	P. Sungai Utama = 25 km	Qp (m3/s)	10.137	10.137	0
	L <sub>c</sub> = 10 km	T (jam)	97.155	97.155	0
	C <sub>t</sub> = 1.6	tD (jam)	1.525	1.525	0
	C <sub>p</sub> = 0.17	tpR (jam)	9.004	9.004	0
	t <sub>r</sub> = 4 jam	QpR (m3/s)	9.440	9.440	0
		Pr (jam)	11.004	11.004	0
		W <sub>50</sub> (jam)	16.735	16.735	0
		W <sub>75</sub> (jam)	9.459	9.459	0
	V <sub>HSS</sub> (m3)	500000	500000	0	
	H <sub>DRO</sub> (mm)	1	1	0	
	%H <sub>DRO</sub>	91.380	91.380	0	
SCS	Luas DAS = 216.37 km <sup>2</sup>	Lc (km)	32.500	32.500	0
	P. Sungai Utama = 65 km	tp (jam)	9.941	9.941	0
	C <sub>t</sub> = 1	Tp (jam)	10.441	10.441	0
	tr = 1 mm	pr (jam)	10.441	10.441	0
	TB/Tp = 5 jam	Qp (m3/s)	4.310	4.310	0
		TB (m3/s)	52.206	52.206	0
		V <sub>HSS</sub> (m3)	216370	216370	0
	H <sub>DRO</sub> (mm)	1	1	0	
	%H <sub>DRO</sub>	94.047	94.047	0	
GAMA I	Luas DAS = 98.055 km <sup>2</sup>	D	1.163	1.163	0
	P. sungai utama = 28.44 km	SF	0.545	0.545	0
	ΣP. sungai tingkat 1 = 62.176 km	SN	0.524	0.524	0
	ΣP. sungai semua = 114.034 km	WF	3.027	3.027	0
	ΣPangsang sungai tingkat 1 = 33	RUA	0.576	0.576	0

Metode	DATA	PARAMETER HASIL			Eror (%)
		Variabel	Manual	HISITERA	
	$\Sigma$ Pangsa sungai semua = 63	<i>SIM</i>	1.743	1.743	0
	$\Sigma$ Pertemuan sungai ( <i>JN</i> ) = 32	<i>TR</i> (jam)	3.198	3.198	0
	<i>WL</i> = 4.625 km	<i>QP</i> (m3/s)	3.909	3.909	0
	<i>Wu</i> = 14 km	<i>TB</i> (jam)	29.544	29.544	0
	<i>AU</i> = 56.47 km <sup>2</sup>	<i>K</i>	5.374	5.374	0
	<i>S</i> = 0.005	<i>QB</i> (m3/s)	10.438	10.438	0
		$\Phi$ (mm/s)	10.453	10.453	0
		<i>V<sub>HSS</sub></i> (m3)	98055	98055	0
		<i>H<sub>DRD</sub></i> (mm)	1	1	0
		<i>%H<sub>DRD</sub></i>	91.049	91.049	0

### 3.4. Analisis Hasil

Berdasarkan tabel perbandingan perhitungan HSS dengan menggunakan cara manual dan dengan menggunakan Program HISITERA dianalisis semua perhitungan Program HISITERA meliputi perhitungan Infiltrasi Metode Horton, HSS Metode Nakayasu, *Snyder*, *SCS*, dan *GAMA 1* memperlihatkan nilai eror 0, sehingga dapat diambil kesimpulan algoritma yang ada pada Program HISITERA telah sesuai dengan perhitungan yang dilakukan secara manual.

### KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan dalam penelitian ini.

1. Penerapan perhitungan HSS Metode Nakayasu, *Snyder*, *SCS*, dan *GAMA 1* ke dalam bahasa Python adalah dengan menggunakan bantuan librari antara lain: *Matplotlib*, *Pandas*, *Numpy*, *Math*, dan *Pyinstaller*.
2. Penerapan program GUI dalam algoritma perhitungan HSS Metode terkait ke dalam bentuk program GUI adalah dengan menerapkan algoritma antarmuka Tkinter ke dalam setiap algoritma yang dibuat.
3. Perbandingan hasil perhitungan HSS dengan menggunakan cara manual dan menggunakan Program hasil perancangan menunjukkan eror bernilai 0 (nol), sehingga dapat disimpulkan algoritma pada program telah sesuai dengan perhitungan HSS secara manual.

### KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam tulisan ini.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang membantu baik secara langsung maupun tidak sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

### REFERENSI

- [1] M. Oktasari, "Analisis Daerah Banjir Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung," 2020.
- [2] BNPB, "BNPB Telah Selesaikan Verifikasi Data Bencana Indonesia 2020," 2021. <https://www.bnpb.go.id/berita/bnpb-telah-selesaikan-verifikasi-data-bencana-indonesia-2020> (accessed Aug. 23, 2021).
- [3] Saibumi, "BMKG: Lampung Masuk Kategori Waspada Banjir," 2021. <https://www.saibumi.com/artikel-103923-bmkg-lampung-masuk-kategori-waspada-banjir-potensi-hujan-deras.html> (accessed Aug. 23, 2021).
- [4] Tribunnews, "2.528 Unit Rumah Terendam Banjir di Bandar Lampung," Feb. 21, 2019. <https://www.tribunnews.com/regional/2019/02/21/2528-unit-rumah-terendam-banjir-di-bandar-lampung> (accessed Aug. 23, 2021).
- [5] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, 2008.
- [6] R. Gupta, *Hydrology and hydraulic systems*. Englewood Cliffs N.J.: Prentice Hall, 1989.
- [7] S. Wikihow, "Cara Menghitung Galat Persentase: 7 Langkah (dengan Gambar)," 2018. <https://id.wikihow.com/Menghitung-Galat-Persentase> (accessed Aug. 25, 2021).
- [8] F. Churchville, "What is User Interface (UI)?," 2019. <https://searcharchitecture.techtarget.com/definition/user-interface-UI> (accessed Aug. 25, 2021).
- [9] C. E. L. Thomas H. Cormen, "Introduction to Algorithms, Third Edition," Sep. 2009, Accessed: Aug. 25, 2021. [Online]. Available: <http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?tttype=2&tid=11866>.
- [10] S. Gohulan, "Make Splash Screen for C# Windows Applications | by Somanathan Gohulan | Medium," Mar. 29, 2020. <https://gohulan.medium.com/make-splash-screen-for-c-windows-applications-7534ea4fe607> (accessed Aug. 25, 2021).
- [11] S. Miftah Rezka, "Kenali 3 Library Python untuk Kamu yang Pemula," Sep. 14, 2020. <https://www.dqlab.id/belajar-pyton-dengan-pahami-3-librarynya> (accessed Aug. 25, 2021).