

**KESESUAIAN MODEL HIDROGRAF SATUAN SINTETIK (HSS) BERDASARKAN
KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI DI WILAYAH SUNGAI INDRAGIRI-
AKUAMAN**

Tri Setia Budi¹⁾, Andy Hendri²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : tri.setia@student.unri.ac.id

Abstract

Synthetic Unit Hydrograph is a simple and practical method to analyze the design flood discharge of a watershed. This method can be used for watershed do not have the tools of Automatic Water Level Recorder (AWLR) and discharge recording. The method can analyze only the flood discharge based on the basin characteristics. Antokan, Andaman, Tiku, Gasang Gadang's basin are some watershed flood discharge to be analyzed in this study. The characteristics of the sixth watershed obtained using Digital Elevation Digital Model (DEM) data and then be processed using Geographic Information System (GIS). GIS will produce the output of the watershed characteristic data needed to calculate the Synthetic Unit Hydrograph flood discharge, there were Snyder, SCS, Gamma I, and Nakayasu's methodes. The method will be compared to get the most optimum method and can be applied in the watershed of reviews with H_{DRO} close to 1 mm and a volume error of less than 5%. In the case study can be viewed unit hydrograph can be applied to the Antokan, Andaman, Tiku, Gasang Gadang's watershed is SCS and Nakayasu's method with H_{DRO} obtained 1 mm and volum error less than 5%.

Keywords: Basin characteristics, GIS, Synthetic Unit Hydrograph

A. PENDAHULUAN

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) merupakan suatu metode yang dapat digunakan pada daerah di mana data hidrologi atau data pencatatan tinggi muka air otomatis tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan. HSS digunakan untuk menganalisis debit banjir rancangan hanya dengan menggunakan data-data karakteristik suatu DAS. Metode HSS yang saat ini umum digunakan di Indonesia antara lain adalah metode Snyder, SCS (*Soil Conservation Service*), Gama I, dan Nakayasu.

Penelitian ini akan menganalisis debit banjir berdasarkan karakteristik pada beberapa DAS yang tergabung dalam Wilayah Sungai Indragiri-Akuaman atau

lebih dikenal dengan WS Indragiri-Akuaman. DAS yang menjadi tinjauan dalam penelitian ini adalah DAS Antokan, Andaman, Tiku, dan Gasang Gadang. Keempat DAS ini terletak di Provinsi Sumatera Barat tepatnya di Kabupaten Agam dan Kabupaten Pariaman. Pemilihan studi kasus ini dikarenakan pada DAS tersebut belum pernah dilakukan penelitian mengenai debit banjir dengan HSS, kemudian letak dari setiap DAS yang berdekatan sehingga akan memudahkan dalam proses pemetaan dan mengolah data karakteristik dari setiap DAS. Keempat DAS tersebut juga tergolong DAS dengan intensitas banjir yang tinggi, pertemuan beberapa anak sungai, alih fungsi lahan,

dan termasuk dalam kawasan perbukitan sehingga membuat daerah-daerah tersebut menjadi daerah rawan banjir.

Karakteristik dari keempat DAS tinjauan merupakan parameter yang akan diolah menggunakan HSS untuk mendapatkan nilai debit banjir. Data karakteristik ini akan diperoleh dari olahan peta citra satelit yang biasa dikenal dengan DEM (*Digital Elevation Model*). Data citra DEM ini selanjutnya akan diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mampu menyajikan informasi dalam bentuk grafis peta yang digambarkan dan dapat berguna dalam perencanaan, pelaksanaan, dan kegiatan pengendalian. SIG juga bisa memberikan informasi karakteristik suatu DAS

Zahri (2017) pernah melakukan identifikasi Karakteristik DAS yang berada di WS Indragiri-Akuaman dan menentukan metode HSS paling optimum dengan bantuan program SIG. Penelitian ini akan melakukan pengkajian mengenai analisis debit banjir rancangan DAS Antokan, Andaman, tiku, dan Gasang Gadang menggunakan metode HSS Snyder, SCS, Gama I, dan Nakayasu dengan penilaian terhadap kontrol volume satuan. Pengkajian ini dilakukan berdasarkan data karakteristik DAS dengan menggunakan program SIG.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS dapat diartikan sebagai kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya ke sungai yang akhirnya bermuara ke danau/laut. Pembatas atau pemisah topografi DAS ini berupa punggung bukit, pemisah topografi ini merupakan pemisah antara wilayah sungai yang satu dengan wilayah sungai lainnya (Triatmodjo,2010).

B.2 Luas DAS (*Drainage Area*)

Luas DAS atau daerah pengaliran merupakan karakteristik DAS yang paling penting dalam pemodelan berbasis DAS, daerah pengaliran mencerminkan volume air yang dapat dihasilkan dari curah hujan yang jatuh di daerah tersebut. Curah hujan yang konstan dan seragam untuk seluruh daerah pengaliran merupakan asumsi yang umum dalam pemodelan hidrologi. Akibatnya, semakin besar DAS maka semakin besar pula volume yang mampu ditampung DAS dan semakin besar debit yang ditimbulkan.

Tabel 1 Klasifikasi Luas DAS

No	Luas DAS (Ha)	Klasifikasi DAS
1	1.500.000 ke atas	DAS sangat besar
2	500.000 - 1.500.000	DAS besar
3	100.000 – 500.000	DAS sedang
4	10.000 – 100.000	DAS kecil
5	Kurang dari 10.000	DAS sangat kecil

(Sumber: Kementerian Kehutanan, 2013)

B.3 Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama diukur mulai dari *outlet* DAS hingga perpanjangan sungai sampai ke batas DAS. Dalam menentukan sungai utama ini sangat sulit bila terdapat percabangan sungai, untuk itu diambil suatu ketentuan bahwa sungai utama adalah cabang sungai yang mempunyai daerah tangkapan (*catchment*) yang lebih luas.

B.4 Kemiringan Lereng DAS

Kemiringan lereng DAS merupakan faktor yang berpengaruh terhadap limpasan permukaan. Kemiringan lereng DAS mencerminkan tingkat perubahan elevasi dalam jarak tertentu sepanjang arah aliran utama. Kemiringan lereng juga dapat diukur menggunakan persamaan berikut:

$$S = \frac{\Delta E}{L}$$

dengan:

ΔE = perbedaan elevasi antara titik tertinggi dan terendah pada DAS (m)

L = panjang DAS (m)

B.5 Bentuk DAS

Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju *outlet*. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan sehingga semakin tinggi *fluktuasi* banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang dibutuhkan semakin lama sehingga *fluktuasi* banjir semakin rendah.

Bentuk DAS secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang atau (*elongation ratio, Re*) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Bentuk DAS

No	Nilai bentuk DAS	Kelas Bentuk DAS
1	< 0,5	Memanjang
2	> 0,5	Membulat

(Sumber: Kementerian Kehutanan, 2013)

Elongation ratio (Re) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Re = 1,129 \frac{A^{\frac{1}{2}}}{L}$$

dengan: Re = faktor bentuk

A = luas DAS (km²)

L = panjang sungai utama (km)

B.5 Kerapatan Aliran

Kerapatan aliran DAS merupakan indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu DAS, dinyatakan dengan perbandingan antara panjang keseluruhan dengan luas DAS. Kerapatan aliran sungai dapat dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan (Rahayu, 2009).

Kerapatan aliran yang tinggi dicirikan dengan banyaknya percabangan dalam

daerah aliran dan memiliki kemiringan yang curam, yang dapat memberikan reaksi lebih cepat terhadap masuknya curah hujan sehingga laju dan volume aliran permukaan lebih tinggi. Semakin besar nilai kerapatan aliran maka semakin baik sistem pengaliran di daerah tersebut yang berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai (Seyhan, 1977). Kerapatan aliran dapat diperoleh menggunakan rumus berikut:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

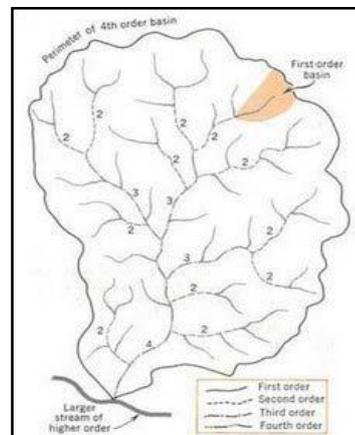
dengan:

Dd = indeks kerapatan aliran sungai (km/km²)

$\sum L$ = jumlah panjang sungai termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A = luas DAS (km²)

B.6 Orde dan Tingkat Percabangan Sungai



Gambar 1. Penentuan Orde Sungai dengan Metode Strahler

(Sumber: Strahler, 1957)

Alur sungai dalam suatu DAS dibagi menjadi beberapa orde sungai. Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai di dalam suatu DAS. Dengan demikian semakin banyak jumlah orde sungai akan semakin luas pula DAS-nya dan semakin panjang pula alur sungainya. Metode

penentuan orde sungai yang banyak digunakan adalah metode strahler (Gambar 1).

B.7 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

HSS dapat digunakan sebagai metode perencanaan di daerah yang tidak memiliki data hidrologi atau data pencatatan tinggi muka air otomatis atau *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan. Metode ini dianggap sederhana karena dalam penggunaannya hanya membutuhkan data-data karakteristik fisik DAS seperti luas DAS, panjang sungai, dan dalam beberapa kasus dapat juga menggunakan karakteristik lahan.

a. HSS Snyder

Gupta pada tahun 1989 (dalam Triatmodjo, 2010), empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut.

Waktu tenggang (*basin lag time*)

$$t_p = C_t (L.L_c)^{0,3}$$

Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p}$$

Waktu Dasar (T)

$$T = 3 + \frac{t_p}{8}$$

Durasi standar hujan efektif (t_D)

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \quad (2.1)$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar t_D , maka:

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_r - t_D)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}}$$

Waktu dari awal hujan sampai ke puncak:

$$p_r = \frac{t_r}{2} + t_{pR}$$

Dengan:

t_D = durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_r = durasi hujan efektif (jam)

t_p = waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_{pR} = waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

p_r = waktu dari awal hujan sampai ke titik puncak (jam)

T = waktu dasar hidrograf satuan (hari)

Q_p = debit puncak untuk durasi t_D (m^3/dt)

Q_{pR} = debit puncak untuk durasi t_r (m^3/dt)

L = panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

L_c = jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A = luas DAS (km^2)

C_t = koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

C_p = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

b. HSS SCS

Metode Hidrograf ini dapat digunakan untuk DAS berukuran kecil maupun DAS dengan ukuran yang besar yang banyak digunakan di Amerika Serikat. Hidrograf SCS ini menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi yang berbeda (Triatmodjo, 2010).

Berdasarkan buku Bedient dan Wayne (2002), terdapat beberapa persamaan untuk penyelesaian hidrograf satuan sintetis SCS sebagai berikut:

1. *Time Lag* (T_L)

$$T_L = C_t (L.L_c)^{0,3}$$

2. *Time of Peak* (T_p)

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_L$$

3. *Time Base* (T_b)

$$T_b = T_p + B$$

4. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{0,2083A}{T_p}$$

Tabel Ordinat Hidrograf satuan sintetik untuk periode waktu berbeda dapat diperoleh dari Tabel 2.5 berikut:

Tabel 3. Koordinat Hidrograf Satuan Sintetis SCS

t/T_p	Q/Q_p	t/T_p	Q/Q_p
0,0	0,000	1,4	0,750
0,1	0,015	1,5	0,660
0,2	0,075	1,6	0,560
0,3	0,160	1,8	0,420
0,4	0,280	2,0	0,320
0,5	0,430	2,2	0,240
0,6	0,600	2,4	0,180
0,7	0,770	2,6	0,130
0,8	0,890	2,8	0,098
0,9	0,970	3	0,075
1,0	1,000	3,5	0,036
1,1	0,980	4,0	0,018
1,3	0,840	5,0	0,004

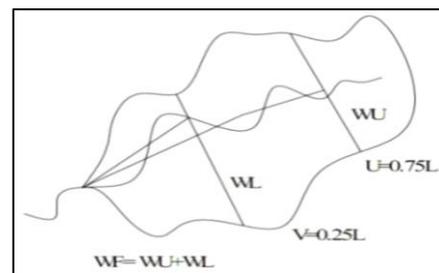
(Sumber: Nugroho, 2000)

c. **HSS Gama I**

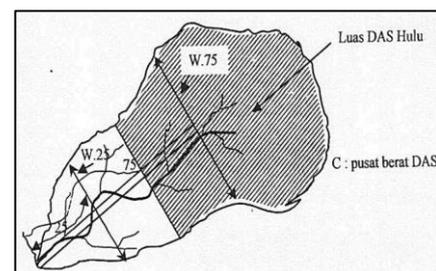
HSS Gama I terdiri dari tiga bagian pokok yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*) dan sisi turun/resesi (*recession limb*). Gambar 2.4 menunjukkan HSS Gama I. Dalam gambar tersebut tampak ada patahan dalam sisi resesi. Hal ini disebabkan sisi resesi mengikuti persamaan eksponensial yang tidak memungkinkan debit sama dengan nol. Meskipun pengaruhnya sangat kecil namun harus diperhitungkan mengingat bahwa volume hidrograf satuan harus tetap satu (Triatmodjo, 2010).

HSS Gama I (Harto, 1993) diturunkan berdasarkan parameter-parameter DAS yang dapat diukur dari peta topografi pada penggal sungai yang ditinjau. Parameter-parameter DAS tersebut adalah:

- Faktor sumber atau *Source Factor* (SF) yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat.
- Frekuensi sumber atau *Source frequency* (SN) yaitu perbandingan antara jumlah pangsa sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai-sungai semua tingkat.
- Faktor lebar atau *Width Factor* (WF) yaitu perbandingan antar lebar DAS yang terukur di titik sungai yang berjarak $0,75 L$ dengan Lebar DAS yang diukur di titik sungai di sungai yang berjarak $0,25 L$ dari stasiun hidrometri.
- Luas relatif DAS sebelah hulu atau *Relative Upstream Area* (RUA) yaitu perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubungan antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melewati titik tersebut seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Sketsa penerapan WF



Gambar 3 Sketsa Penerapan RUA

- e. Faktor simetri atau *Symmetry Factor (SIM)* yaitu hasil kali antara faktor lebar (*WF*) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (*RUA*).
- f. Jumlah pertemuan sungai atau *Joint Frequency (JN)* antara jumlah semua pertemuan sungai di dalam DAS tersebut. Jumlah ini tidak lain adalah jumlah pangsa sungai tingkat satu dikurangi satu.
- g. Kerapatan jaringan kuras atau *drainage density (D)* yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.

Selanjutnya hidrograf satuan diberikan dengan empat variabel pokok, yaitu waktu naik atau *Time to Rise (TR)*, debit puncak atau *Peak Discharge (Qp)*, waktu dasar *Time to Base (TB)*, dan koefisien tampungan (*K*), dengan persamaan-persamaan berikut ini:

1. Waktu puncak HSS Gama I

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

2. Debit Puncak banjir

$$QP = 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot TR^{-0,4008} \cdot JN^{0,2574}$$

3. Waktu dasar

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1457} \cdot S^{-0,0986} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2574}$$

4. Koefisien resesi

$$K = 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452}$$

Menurut (Harto, 1993) bahwa dengan memperhatikan tanggapan sungai-sungai di pulau Jawa terhadap masukan hujan maka dipandang sangat memadai dengan menyajikan sisi naik hidrograf satuan sebagai garis lurus (*linier*). Adapun sisi resesi (*recession limb*) hidrograf satuan disajikan dengan persamaan eksponensial sebagai berikut:

$$Qt = Q \left(\frac{t}{Tr} \right) \text{ untuk kurva naik}$$

$$Qt = Q_p e^{-(t-Tr)/k} \text{ untuk kurva turun}$$

d. HSS Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). HSS Nakayasu merupakan hasil dari pengamatan hidrograf satuan alami yang berasal dari sejumlah DAS yang ada di Jepang. Keadaan Topografi di Jepang yang berbukit-bukit dan sungai di Jepang relatif pendek namun dengan kemiringan sungai yang besar, maka hasil dari perhitungan *time lag* menjadi lebih kecil dan puncaknya relatif tajam.

Parameter yang diperlukan dalam analisa menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu antara lain:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*Time to Peak Magitude*)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*)
3. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograph*)
4. Luas daerah pengaliran (*Catchment Area*)
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*Length of The Longest Channel*)
6. Koefisien pengaliran (*Run off Coefficient*)

Berikut adalah persamaan karakteristik Nakayasu:

1. *Time Lag* (t_g)

$$t_g = 0,4 + 0,058L \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

2. Satuan waktu dari curah hujan (T_r)

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

3. Waktu puncak (T_p)

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

4. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak ($T_{0,3}$)

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

dengan nilai α sebagai berikut:

$\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$ pada daerah pengaliran yang bagian naik hidrografnya lambat dan bagian menurunnya cepat

$\alpha = 3$ pada daerah pengaliran yang bagian naik hidrografnya cepat dan bagian menurunnya lambat

Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \times Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (2.38)$$

Bentuk HSS Nakayasu dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p)^{2,4}}{T_{0,3}^{2,4}}$$

Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left[\frac{(t-T_p) + (0,5T_{0,3})}{(1,5T_{0,3})} \right]^{2,4}$$

Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left[\frac{(t-T_p) + (1,5T_{0,3})}{(2T_{0,3})} \right]^{2,4}$$

B.8 Kontrol volume

Volume hidrograf dapat diperoleh dengan menjumlahkan hasil dari perkalian antara ordinat hidrograf satuan dengan interval waktu hidrograf yang mana volume hidrograf dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V = (Q_t + Q_{t+1}) \times (T_t - T_{t-1}) \times 0,5 \times 3600$$

Metode kontrol volume merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui keandalan dari hasil analisis untuk DAS yang tidak memiliki hidrograf natural atau hidrograf observasi. Analisis tinggi hujan aliran pada kontrol volume yaitu hujan aliran tersebar merata setinggi 1mm dalam satu satuan waktu sesuai

dengan konsep hidrograf satuan. Adapun persamaan kontrol volume efektif untuk tinggi hujan 1mm adalah:

$$H_{DRO} = \frac{V}{A} \quad (2.44)$$

Dengan:

H_{DRO} = rasio volume (1 mm)

V = volume hidrograf (m^3)

A = luas DAS (m^2)

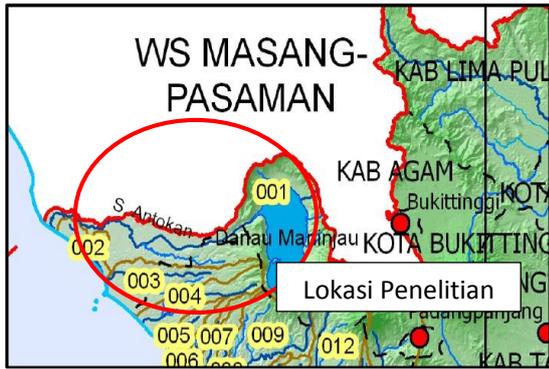
Menurut (Indarto, 2010) menyebutkan bahwa selisih volume (VE) aliran adalah nilai yang menunjukkan perbedaan volume perhitungan dan volume terukur selama proses simulasi. Jika selisih volume aliran kecil, maka jumlah volume nilai simulasi dan observasi hampir sama. Selisih volume (VE) aliran dikatakan baik apabila dapat menunjukkan angka tidak lebih dari $|5\%|$. Perhitungan selisih volume (VE) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$VE = \left| \frac{\sum_{i=1}^N V_{obs_i} - \sum_{i=1}^N V_{cal_i}}{\sum_{i=1}^N V_{obs_i}} \right| \times 100\%$$

C. Metode Penelitian

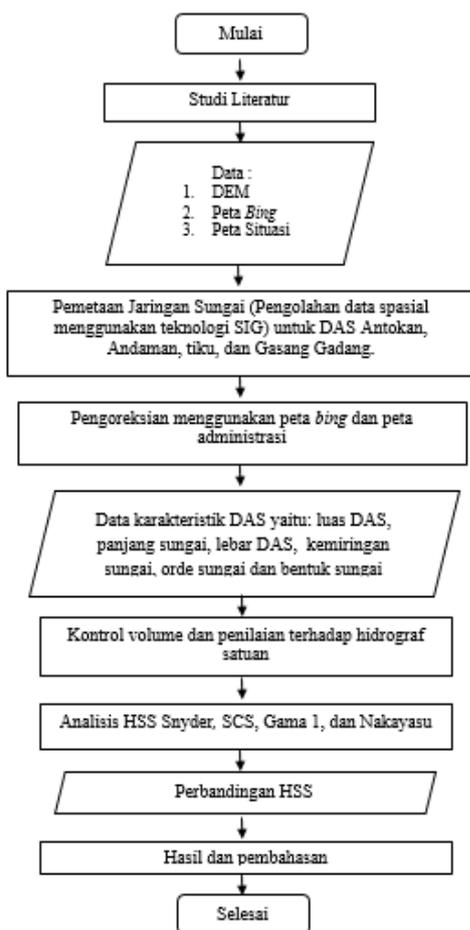
C.1. lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada enam DAS dari dua puluh empat DAS yang tergabung dalam WS Indragiri-Akuaman, yaitu: DAS Antokan, Andaman, Tikun, dan Gasang Gadang yang terletak di Kabupaten Agam. Adapun Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah. Enam DAS yang menjadi tinjauan adalah DAS bernomor 1 sampai 4.



Gambar 4 Peta Lokasi DAS Pada WS Indragiri-Akuaman
(Sumber: Kepres No. 12, 2012)

C.2 Prosedur Penelitian



Gambar 5 Bagan Alir Penelitian

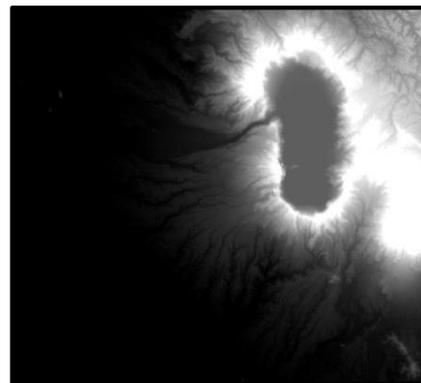
Prosedur dalam penelitian ini akan melakukan pemetaan jaringan sungai dari data DEM menggunakan program SIG. Pemetaan dilakukan untuk mendapatkan karakteristik DAS tinjauan yang kemudian

akan dikoreksi dengan peta situasi dan peta *bing*. Setelah itu akan dianalisis menggunakan HSS Snyder, SCS, Gamma I, dan Nakayasu. Prosedur penelitian ini meliputi studi literatur dan pengumpulan data, pemetaan jaringan sungai, pengoreksian pada pemetaan, menganalisis karakteristik DAS dengan HSS, kontrol volume dan penilaian terhadap HSS optimum.

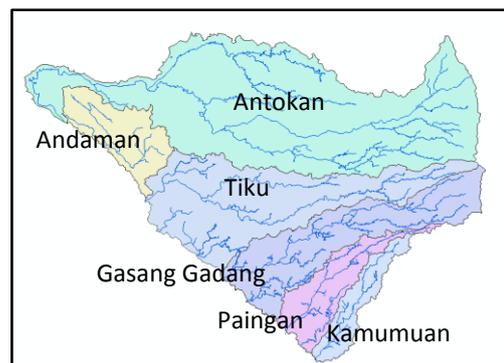
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pemetaan Jaringan Sungai

Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari unduhan ASTER GDEM secara gratis. Kemudian data GDEM diolah untuk mendapatkan karakteristik DAS menggunakan SIG.



Gambar 6 Aster GDEM



Gambar 7 Hasil Pemetaan dengan SIG

D.2 Karakteristik DAS

Parameter-parameter yang didapatkan dari karakteristik DAS tinjauan adalah berupa luas DAS, panjang sungai utama,

orde sungai, bentuk sungai, kemiringan DAS, jumlah titik pertemuan sungai, faktor sumber, frekuensi sumber, faktor lebar, luas DAS sebelah hulu, faktor simetri, dan kerapatan aliran sungai.

D.2.1 Luas DAS

Luas masing-masing DAS yang diteliti didapatkan berdasarkan pemetaan jaringan sungai menggunakan teknologi SIG. Hasil klasifikasi luas DAS dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Klasifikasi DAS Berdasarkan Luas

No	Nama DAS	Luas DAS (ha)	Klasifikasi DAS
1	Antokan	24544,41	Kecil
2	Andaman	3653,22	Sangat Kecil
3	Tiku	11399,19	Kecil
4	Gasang Gadang	7945,26	Sangat Kecil

D.2.2 Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama ditentukan dengan mengukur panjang jaringan sungai terjauh dari hulu sungai sampai ke *outflow*. Nilai-nilai panjang sungai dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Panjang Sungai Utama Setiap DAS

No	Nama DAS	Panjang Sungai Utama (Km)
1	Antokan	57,120
2	Andaman	9,449
3	Tiku	36,213
4	Gasang Gadang	27,484

D.2.3 Bentuk Sungai

Data *Re* lalu diklasifikasi berdasarkan berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai Tahun 2013. Hasil dari klasifikasi DAS tinjauan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Klasifikasi Bentuk DAS

No	Nama DAS	Nilai <i>Elongation Ratio (Re)</i>	Bentuk DAS
1	Antokan	0,310	Memanjang
2	Andaman	0,722	Membulat
3	Tiku	0,333	Memanjang
4	Gasang Gadang	0,366	Memanjang

D.2.4 Orde Sungai

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai di dalam suatu DAS. Dalam penelitian ini, penentuan orde sungai tinjauan menggunakan metode *Stahler*. Hasil penentuan orde sungai penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Penentuan Orde Sungai

No	Nama DAS	Orde 1	Orde 2	Orde 3	Orde 4
1	Antokan	44	27	11	4
2	Andaman	8	5	2	-
3	Tiku	15	7	1	-
4	Gasang Gadang	35	19	8	7

D.2.5 Data Karakteristik Lainnya

Data karakteristik lain ini dipergunakan untuk menghitung metode HSS Gama I. Adapun data karakteristik yang dianalisis adalah jumlah titik pertemuan sungai, frekuensi sumber, faktor sumber, faktor lebar, luas relatif DAS sebelah hulu, faktor simetri, kerapatan aliran sungai. Hasil perhitungan karakteristik sungai ini yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Penentuan Karakteristik HSS Gama I

No	Nama DAS	<i>JN</i>	<i>SN</i>	<i>SF</i>	<i>WF</i>
1	Antokan	43	0,512	0,337	1,907
2	Andaman	7	0,533	0,610	0,538
3	Tiku	14	0,682	0,320	0,217
4	Gasang Gadang	34	0,507	0,436	0,449

Tabel 9 Penentuan Karakteristik HSS
Gama I

No	Nama DAS	<i>RUA</i>	<i>SIM</i>	D
1	Antokan	0,491	0,936	0,8093
2	Andaman	0,468	0,252	0,7979
3	Tiku	0,414	0,090	0,7114
4	Gasang Gadang	0,456	0,205	1,0219

D.2.6 Hubungan Karakteristik DAS dengan HSS

Data karakteristik DAS yang berbeda-beda menyebabkan hasil perhitungan waktu puncak, debit puncak dan jumlah volume yang beragam. Karakteristik yang berpengaruh besar terhadap waktu puncak adalah bentuk DAS. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi atau waktu puncak yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. Hasil perhitungan bentuk DAS menunjukkan bahwa DAS Andaman berbentuk bulat dan lainnya berbentuk memanjang, hal ini menyebabkan DAS Andaman memiliki waktu puncak yang lebih cepat dibandingkan DAS lainnya. Begitu pula pada DAS Antokan yang memiliki bentuk lebar dan panjang sehingga membutuhkan waktu puncak aliran yang lebih lama dibandingkan dengan DAS tinjauan lainnya. Karakteristik bentuk DAS untuk keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 10 Hasil Perhitungan Nilai Waktu Puncak

Nama DAS	Waktu Puncak (jam)			
	Snyder	SCS	Gama I	Nakayasu
Antokan	13,007	8,525	4,367	5,941
Andaman	4,299	2,824	1,548	1,517
Tiku	9,583	6,284	1,994	4,001
Gasang Gadang	9,055	5,938	1,603	3,190

Karakteristik selanjutnya yang berpengaruh pada perhitungan debit puncak dan jumlah volume dalam penelitian ini adalah luas DAS. Karakteristik ini berfungsi penuh dalam menampung curah hujan dan mengalirkannya ke titik *outlate*. Semakin besar luas DAS, maka semakin besar pula volume tampungannya dan menyebabkan semakin besar debit puncaknya. DAS Antokan memiliki luas yang lebih besar dari DAS tinjauan lainnya sehingga debit puncak dan jumlah volumenya yang paling besar, begitu sebaliknya pada DAS Andaman yang memiliki luas paling kecil sehingga menghasilkan debit dan jumlah volume yang lebih kecil dari DAS lainnya. Berikut adalah hasil perhitungan debit puncak secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Perhitungan Nilai Debit Puncak

Nama DAS	Debit Puncak (m ³ /dt)			
	Snyder	SCS	Gama I	Nakayasu
Antokan	3,140	5,997	6,353	9,274
Andaman	1,538	2,695	2,036	3,076
Tiku	2,008	3,779	4,240	5,106
Gasang Gadang	1,486	2,787	4,621	4,463

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa debit puncak dari setiap metode HSS berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan beberapa variabel yang digunakan pada formula pada metode HSS. Pada metode HSS Nakayasu dan Gama I memiliki nilai debit puncak yang relatif lebih tinggi dari debit puncak metode HSS lainnya. Perbedaan ini dikarenakan dalam formula HSS Nakayasu dan Gama I mengandung unsur fisik DAS selain luas DAS dan Panjang utama, yaitu: nilai koefisien karakteristik DAS (α) pada Nakayasu dan nilai faktor simetri (*SIM*) pada Gama I. Sedangkan untuk HSS Snyder dan SCS hanya menggunakan

faktor utama berupa luas DAS dan panjang sungai utama yang menyebabkan nilai debit puncaknya relatif lebih kecil.

D.3 Kontrol Volume dan Penilaian Hidrograf

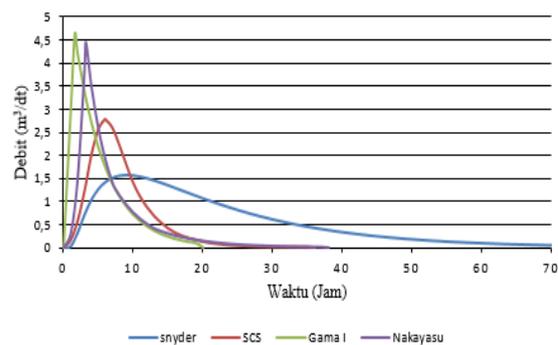
Perhitungan kontrol volume dan penilaian terhadap hidrograf ini dilakukan untuk melihat metode HSS yang dapat diterapkan pada DAS yang telah dianalisis. Hasil perhitungan kontrol volume dan penilaian hidrograf dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Hasil Perhitungan Kontrol Volume

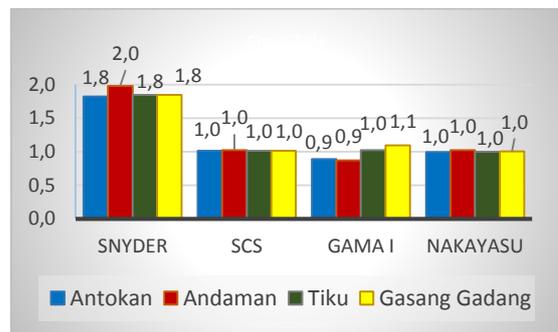
Nama DAS	Volume Error (%)			
	Snyder	SCS	Gama I	Nakayasu
Antokan	82,287	1,636	10,842	0,454
Andaman	97,938	2,497	12,922	2,811
Tiku	84,589	1,637	2,550	0,142
Gasang Gadang	84,829	1,642	9,491	0,286

D.4 Perbandingan HSS

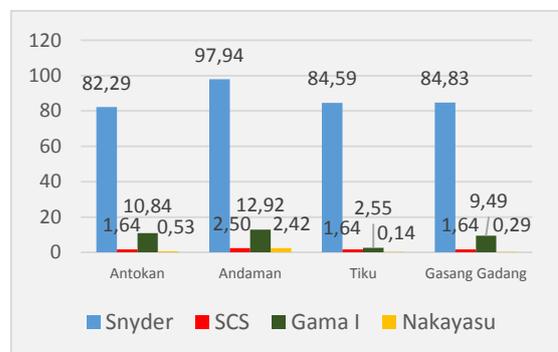
Perbandingan HSS ini dimaksudkan untuk membandingkan keakuratan dari empat metode HSS yang telah diterapkan pada DAS yang ditinjau. Perbandingan HSS ini dilihat dari bentuk hidrograf, nilai H_{DRO} , dan kontrol volume dari masing-masing metode. Hasil perhitungan HSS menunjukkan bahwa nilai debit terbesar untuk seluruh DAS adalah metode Nakayasu. Berikut adalah contoh Grafik perbandingan HSS dari DAS tinjauan yang dapat dilihat pada Gambar 8, grafik perbandingan dari nilai H_{DRO} dan volume error pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 8 Perbandingan HSS Empat Metode pada DAS Gasang Gadang



Gambar 9 Perbandingan HSS Analisis H_{DRO}



Gambar 10 Perbandingan HSS Analisis Volume Error

Pada Gambar 10 terlihat bahwa hasil nilai kontrol volume metode HSS SCS dan Nakayasu sesuai dengan hasil perhitungan yang didapat yaitu nilai toleransi kesalahannya antara 0,1–2,6 % untuk seluruh DAS yang diteliti. Hasil tersebut sesuai dengan ketentuan bahwa nilai toleransi kesalahan yang dihasilkan haruslah kecil dari 5%, dimana pada metode HSS SCS dan Nakayasu ini nilai volume yang dihasilkan dari perhitungan

hampir sama dengan nilai volume observasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa jika nilai toleransi kesalahan semakin mendekati nol berarti pemodelan yang dilakukan semakin baik tingkat keakuratannya, sedangkan jika nilai toleransi kesalahannya nol berarti volume yang dihasilkan dari perhitungan HSS hasil pemodelan dengan volume hasil pengukuran sama (Slamet, 2006).

Penilaian terhadap masing-masing metode HSS ini juga dapat dilihat dari hasil perhitungan nilai H_{DRO} , dimana metode HSS yang menghasilkan nilai H_{DRO} yang paling mendekati 1 mm yang dapat diterapkan pada DAS yang diteliti. Pada penelitian ini hasil perhitungan nilai H_{DRO} yang sesuai dengan ketentuan adalah hasil dari metode HSS SCS dan Nakayasu, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 dan Grafik perbandingan H_{DRO} dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil ini menunjukkan bahwa metode HSS SCS dan Nakayasu dapat diterapkan pada DAS Antokan, Andaman, Tiku, dan Gasang Gadang.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. DAS Andaman memiliki waktu puncak yang lebih cepat dibandingkan DAS lainnya yaitu: 4,299 jam untuk HSS Snyder, 2,824 jam untuk HSS SCS, 1,548 jam untuk HSS Gama I, dan 1,517 untuk HSS Nakayasu.
2. Debit puncak tertinggi pada setiap DAS berbeda-beda, yaitu: 9,274 m^3/dt pada DAS Antokan, 3,076 m^3/dt pada DAS Andaman, dan 5,106 m^3/dt pada DAS Tiku dengan menggunakan metode HSS Nakayasu. Sedangkan debit puncak pada DAS Gasang Gadang didapat dengan metode HSS Gama I sebesar 4,463 m^3/dt
3. Berdasarkan analisis dari keempat metode HSS yang digunakan, metode HSS SCS dan Nakayasu dianggap

paling baik untuk keseluruhan DAS dengan nilai kontrol volume kecil dari 5%. Jika dilihat dari besarnya nilai H_{DRO} yang dihasilkan, metode dengan nilai H_{DRO} paling mendekati 1 mm adalah metode SCS dan Nakayasu. Maka, metode SCS dan Nakayasu yang dinilai dapat diterapkan pada DAS Antokan, Andaman, Tiku, dan Gasang Gadang.

E.2 Saran

Penelitian karakteristik DAS wilayah Akuaman yang memanfaatkan citra satelit dan peta dasar ini bisa lebih dikembangkan terutama dari penggunaan data DEM yang terbaru nantinya akan mendapatkan hasil yang lebih akurat, dikarenakan pada penelitian ini menggunakan data DEM tahun 2011. Kemudian dalam proses validasi menggunakan bing map dibutuhkan ketelitian yang tinggi dalam menentukan jaringan sungai karena hasil dari validasi untuk mendapatkan karakteristik DAS sangat berpengaruh pada perhitungan HSS.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Indarto. (2010). Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kehutanan, K. (2013). Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial.
- Rahayu, S. 2009. *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF Asia Tenggara
- Seyhan, E. (1977). Dasar-dasar Hidrologi. Yogyakarta: UGM Press.
- Slamet, Bejo, & DKK. (2006). Modifikasi Model Hidrograf Satuan Sintetik Gama satu Di Daerah Aliran Air Sungai Hulu. Peronema Forestry Science Journal Vol.2

- Soemarto, C. D. (1987). Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology.
- Triatmodjo, B. (2010). Hidrologi Terapan (Vol. 2). Yogyakarta: Beta offset.
- Zahri, R. (2017). Analisis Karakteristik DAS Akuaman Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Analisis Hidrograf Satuan Sintetik. Jom FTEKNIK Volume 4 No.1.