

ANALISIS BESARAN HIDROGRAF SATUAN BERDASARKAN KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI SIAK

Rury Handayani¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Andy Hendri²⁾

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

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

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

Email : ruriybaru@yahoo.com

Abstract

Siak basin which is flowing through Pekanbaru has eleven sub basins. There are five sub basins in the north and six in the south of siak basin with each different characteristic. Completeness of the information sub basin characteristic data was very limited, thus it required an assessment about the parameter of basin characteristics. The assessment of these characteristics used DEM data and the technology of Geographic Information System (GIS) to determine river's network. This basin characteristic data was used to determine the flood discharge using three synthetic unit hydrograph methods, there were Gama I, SCS (Soil conservation service), and ITB method. The synthetic unit hydrograph method that could be applied to each sub basin was found based on the principle of unit hydrograph with one millimetre of direct run off and volume error less than 5 %. Based on the result of case study on Siak sub basins, the synthetic unit hydrograph method that can be applied to each sub basin is ITB method, which the result of direct runoff (DRo) obtained 1 mm and volume error 0%.

Keywords: Basin Characteristic, GIS, Synthetic Unit Hydrograph

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) Siak merupakan salah satu aliran sungai yang berada di Provinsi Riau. DAS siak melewati empat wilayah administrasi kabupaten dan satu wilayah administrasi kota, yaitu Kabupaten Rokan Hulu, Kabupten Bengkalis, Kabupaten Siak, Kabupaten kampar, dan Kota Pekanbaru. (Departemen PU, 2005).

DAS Siak yang melewati Kota Pekanbaru memiliki sebelas Sub-DAS, yaitu lima sub-DAS di bagian Utara dan enam sub-DAS di bagian Selatan. Masing-masing sub-DAS tersebut memiliki karakteristik fisik yang berbeda. Namun, kelengkapan data karakteristik fisik sub-DAS tersebut sangatlah terbatas. Keterbatasan data inilah yang menjadi penyebab perlunya dilakukan suatu kajian mengenai parameter karakteristik DAS. Dalam pengkajian karakteristik ini akan

menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi (Barus dan Wiradisastra, 2000). Penggunaan teknologi SIG ini juga digunakan dalam menganalisis karakteristik DAS, seperti yang telah dilakukan oleh Nugraha dan Ahmad Cahyadi (2012) pada DAS Garang Jawa Tengah. Susilo dan Danar (2006) juga melakukan penelitian mengenai karakteristik DAS berdasarkan analisis morfometri berupa luas DAS, panjang sungai, orde sungai, dan kemiringan sungai dengan menggunakan teknologi SIG.

Karakteristik-karakteristik DAS tersebut dapat diidentifikasi dengan menggunakan hidrograf satuan sintetis (HSS), seperti yang dilakukan oleh Sri Harto (2005) yaitu mengidentifikasi karakteristik 30 DAS di Pulau Jawa dengan

menggunakan HSS Gama I. Ramadani (2013) juga melakukan penelitian tentang pemodelan variabel α pada HSS Nakayasu dan membandingkan dengan HSS Gama I. Dari penelitian Ramadani tersebut dihasilkan bahwa pemodelan persamaan α dapat dipengaruhi oleh data karakteristik DAS yang berupa panjang DAS dan luas DAS, sedangkan berdasarkan kontrol volume metode HSS Nakayasu lebih akurat dibandingkan dengan metode HSS Gama I. Analisis mengenai penggunaan kontrol volume ini juga dilakukan oleh Junia (2015) dengan membandingkan HSS Nakayasu, HSS SCS (*Soil Conservation Service*), dan HSS Snyder.

Dalam penelitian ini akan melakukan pengkajian mengenai analisis debit banjir rancangan DAS Siak wilayah Kota Pekanbaru bagian Utara dengan menggunakan metode HSS Gama I, ITB, dan SCS (*Soil Conservation Service*) dengan penilaian terhadap kontrol volume satuan. Pengkajian ini berdasarkan data karakteristik DAS yang menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

A.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui data karakteristik lima Sub DAS Siak bagian Utara dan menganalisis dengan menggunakan tiga metode HSS, serta mengetahui metode yang dapat diterapkan di DAS Siak ini.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berupa punggung bukit, pemisah topografi ini merupakan pemisah antara wilayah sungai yang satu dengan wilayah sungai yang lainnya.

Setiap DAS terbagi menjadi wilayah yang lebih kecil yaitu Sub DAS-Sub DAS, dan apabila diperlukan maka dapat dipisahkan lagi menjadi sub-sub DAS, dan

demikian untuk seterusnya (Sudarmadji, 2004). Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS) merupakan bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama.

B.2 Karakteristik DAS

Morfometri atau karakteristik dari geomorfologi DAS merupakan salah satu daya pendukung pengelolaan sumber daya alam terutama dalam pengelolaan DAS secara terpadu, diantaranya adalah batas dan luas DAS, panjang sungai utama, orde sungai, dan tingkat kerapatan drainase (Triono, 2010).

B.2.1 Daerah Pengaliran (*Drainage Area*)/Luas DAS

Laju dan volume aliran permukaan akan bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. DAS dibatasi oleh pinggir pegunungan yang berfungsi sebagai batas (*river divide*) dan akhirnya mengalirkan air hujan yang bertemu pada satu *outlet*.

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.2.2 Panjang DAS (*Watershed Length*)

Panjang daerah aliran sungai biasanya didefinisikan sebagai jarak yang diukur sepanjang sungai utama dari *outlet* hingga batas DAS. Panjang DAS diketahui dengan cara menarik garis perpanjangan mulai dari ujung sungai hingga batas DAS dengan memperhatikan arah aliran. Meskipun daerah pengaliran dan panjang

B.2.3 Kemiringan Lereng DAS (*Watershed Slope*)

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)

Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng DAS

Kelas	Kemiringan Lereng	Keterangan
1	0 – 8	Datar/landai
2	8 – 15	Agak miring
3	15 – 25	Miring
4	25 – 45	Curam
5	45 ke atas	Terjal

(Sumber: Kementerian Kehutanan, 2013)

B.2.4 Bentuk DAS (*Watershed Shape*)

Bentuk DAS ini dapat digunakan untuk memprediksi debit puncak secara relatif. Bentuk DAS memanjang akan memiliki waktu mencapai puncak yang lebih lama daripada bentuk DAS yang membulat, sedangkan untuk debit DAS berbentuk bulat lebih besar daripada bentuk DAS yang memanjang.

Tabel 3. Klasifikasi Bentuk DAS

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

(Sumber: Kementerian Kehutanan, 2013)

Bentuk daerah aliran sungai secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai *elongation ratio* (Re). *Elongation ratio* (Re) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R_e = 1,129 \frac{A^{\frac{1}{2}}}{L_b}$$

dengan: Re = faktor bentuk

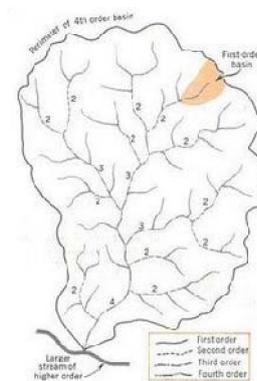
A = luas DAS (km^2)

L_b = panjang sungai utama (km)

B.2.5 Orde Percabangan Aliran Sungai

Orde percabangan aliran sungai atau nisbah percabangan (*bifurcation ratio*) adalah nomor urut dari setiap segmen

sungai terhadap sungai induknya. Menurut strahler, sungai orde 1 merupakan anak-anak sungai yang letaknya paling ujung dan dianggap sebagai sumber mata air pertama dari anak sungai tersebut. Segmen sungai sebagai hasil pertemuan dari orde yang setingkat adalah orde 2, dan segmen sungai sebagai hasil pertemuan dari dua orde sungai yang tidak setingkat adalah orde sungai yang lebih tinggi, demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan menggunakan nomor orde sungai paling tinggi.



Gambar 1. Penentuan Orde Sungai dengan Metode Strahler

(Sumber: Strahler, 1957)

B.3 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

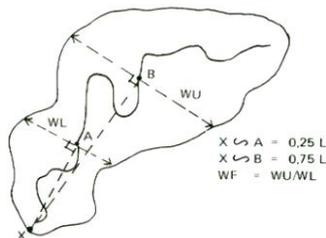
HSS merupakan metode yang banyak digunakan dan mempunyai peranan penting dalam banyak perencanaan di bidang sumber daya air khususnya dalam analisis debit banjir DAS yang tidak terukur. metode ini sederhana, karena dalam penggunaannya hanya membutuhkan data-data karakteristik DAS.

B.3.1 HSS Gama I

HSS Gama I dikembangkan oleh Sri Harto (1993) berdasarkan perilaku hidrologis 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun diturunkan dari data DAS di Pulau Jawa, HSS Gama I juga dapat berfungsi baik jika digunakan untuk berbagai daerah aliran sungai lain di Indonesia. HSS Gama I ini diturunkan berdasarkan parameter-parameter DAS yang dapat diukur dengan mudah dari peta

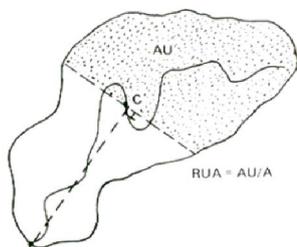
topografi dari sungai yang akan ditinjau. Parameter-parameter DAS tersebut adalah:

- Faktor sumber (*Source Factor, SF*) adalah perbandingan antara jumlah panjang sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat.
- Frekuensi sumber (*Source Frequency, SN*) adalah perbandingan antara jumlah pangsa sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai-sungai semua tingkat.
- Faktor lebar (*Width Factor, WF*) adalah perbandingan antara lebar DAS yang diukur pada titik di sungai yang berjarak $0,75 L$ dengan lebar DAS yang diukur pada titik di sungai yang berjarak $0,25 L$ dari stasiun hidrometri.



Gambar 2. Sketsa Penetapan *WF*

- Luas DAS sebelah hulu (*Relative Upper Catchment Area, RUA*) adalah perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melewati titik tersebut.

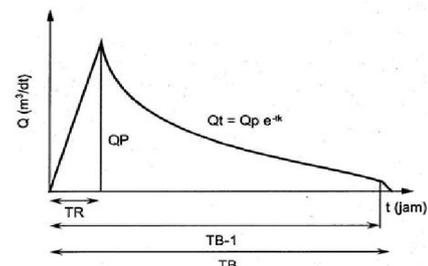


Gambar 3. Sketsa Penetapan *RUA*

- Faktor simetri (*Symmetry Factor, SIM*) adalah hasil perkalian antara faktor lebar (*WF*) dengan luas DAS sebelah hulu (*RUA*).

- Jumlah pertemuan sungai (*Number of Junction, JN*) adalah jumlah semua pertemuan sungai di dalam satu DAS. Jumlah ini tidak lain adalah jumlah pangsa sungai tingkat satu dikurangi satu.
- Kerapatan jaringan kuras (*D*) adalah jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.

Hidrograf satuan sintetis terdiri dari tiga bagian pokok yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi turun atau resesi (*recession limb*). Ini dapat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. HSS Gama I

Pada gambar tersebut terdapat 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 volume hidrograf satuan harus tetap satu. Sisi resesi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{TR} \right)$$

$$Q_t = Q_p e^{-\frac{(t-TR)}{K}}$$

HSS terdiri dari empat variabel pokok yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berdasarkan buku Triatmodjo (2010):

- Waktu puncak hidrograf satuan sintetis Gama I (*TR*)

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

- Debit puncak banjir (*QP*)

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381}$$

3. Waktu dasar (T_B)
 $T_B = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574}$
4. Koefisien tampungan (K)
 $K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$
5. Aliran dasar (QB)
 $QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,9430}$

dengan:

- A = luas DAS (km^2)
- L = panjang sungai utama (km)
- S = kemiringan dasar sungai
- SF = faktor sumber
- SN = frekuensi sumber
- WF = faktor lebar
- JN = jumlah pertemuan sungai
- RUA = luas DAS sebelah hulu
- SIM = faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar dengan luas DAS sebelah hulu
- D = kerapatan jaringan kuras

B.3.2 HSS SCS (*Soil Conservation Service*)

Metode hidrograf satuan sintetis ini dikembangkan oleh Victor Mockus pada tahun 1950 di Amerika Serikat. Penelitian ini telah dilakukan pada DAS yang berukuran kecil maupun besar di Amerika Serikat. Penggunaan metode HSS SCS memerlukan beberapa elemen-elemen penting, yaitu:

1. *Time Lag* (T_L)
 $T_L = C_t (LL_c)^{0,3} \rightarrow$ Persamaan Snyder

2. *Time of Peak* (T_p)

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

3. *Time Base* (T_b)

$$T_b = T_p + B$$

Pada penggambaran kurva hidrograf satuan sintetis, sering digunakan nilai

$$T_b = 3T_p \text{ sampai } T_b = 5T_p$$

4. Debit Puncak (Q_p)

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

dengan:

T_L = waktu tenggang antara terjadinya hujan sampai terjadinya aliran puncak (jam)

L = panjang aliran sungai utama (km)

L_c = Jarak titik berat ke outlet (km)

T_p = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)

T_r = durasi hujan (jam)

T_b = waktu dasar (jam)

B = waktu jatuh (jam), $B = 1,67 T_p$

Q_p = debit puncak atau laju puncak aliran permukaan

A = luas DAS

Apabila ditetapkan rasio debit dengan debit puncak (Q/Q_p) = 1,0 dan rasio waktu dengan waktu puncak (t/T_p) = 1,0 maka koordinat hidrograf satuan sintetis SCS yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. 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, 2010)

B.3.3 HSS ITB

Konsep dasar HSS ITB ini pertama kali di publikasikan oleh Dantje K. Natakasumah. Metode ini dikembangkan berdasarkan pengalaman pada saat melakukan evaluasi terhadap hidrograf banjir rencana suatu pengujian model fisik pelimpah bendungan Citepus dan bendungan Sadawarna yang dilakukan di laboratorium uji model fisik hidrolika ITB pada tahun 2009. Untuk menganalisis hidrograf satuan sintetis pada suatu DAS dengan menggunakan cara ITB diperlukannya beberapa komponen penting pembentuk HSS, yaitu:

1. Tinggi dan Durasi Hujan Satuan

Tinggi hujan satuan yang umum digunakan adalah 1 mm, sedangkan durasi hujan satuan umumnya diambil T_r 1 jam.

2. Time Lag (T_L)

Persamaan yang digunakan merupakan penyederhanaan persamaan Snyder

$$T_L = C_t \times 0,81225L^{0,6} \quad \text{untuk HSS ITB-1}$$

$$T_L = C_t(0,0394L + 0,201L^{0,5}) \quad \text{untuk HSS ITB-2}$$

3. Waktu Puncak (T_p)

Waktu puncak didefinisikan sebagai berikut:

$$T_p = T_L + 0,50T_r \quad \text{untuk HSS ITB-1}$$

$$T_p = 1,6T_L \quad \text{untuk HSS ITB-2}$$

4. Waktu Dasar (T_b)

Untuk DAS berukuran kecil ($A < 2 \text{ km}^2$) menggunakan persamaan berikut:

$$T_b = \frac{8}{3}T_p \quad (\text{Berdasarkan SCS})$$

Sedangkan untuk DAS yang berukuran sedang dan besar nilai T_b menggunakan persamaan berikut:

$$T_b = 10T_p \text{ sampai } T_b = 20T_p$$

5. Bentuk Dasar Hidrograf Satuan

a. HSS ITB-1 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun dinyatakan dengan persamaan yang sama yaitu:

$$q(t) = \left(e^{\left(2 - \frac{1}{t}\right)^{\alpha C_p}} \right)^{\alpha C_p}$$

b. HSS ITB-2 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun dinyatakan dengan dua persamaan yaitu:

Lengkung naik ($0 \leq t \leq 1$): $q(t) = t^\alpha$

Lengkung turun ($t > 1 \text{ s/d } \infty$): $q(t) = e^{(1-t)^{\beta C_p}}$

Nilai standar koefisien C_p adalah 1,0. Sedangkan harga koefisien α dan β bergantung pada persamaan *time lag* yang digunakan. Harga standar koefisien α dan β untuk HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 diberikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Harga Standar Koefisien α dan β

No	Persamaan <i>Time Lag</i> yang digunakan	Harga Koefisien Standar	
		HSS ITB-1	HSS ITB-2
1	Kirprich	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2,5 ; \beta = 1$
2	Snyder ($L_c = 0,5L$)	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2,5 ; \beta = 1$
3	Nakayasu	$\alpha = 0,62$	$\alpha = 2,5 ; \beta = 0,72$
4	SCS	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2,5 ; \beta = 1$
5	USGS	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2,5 ; \beta = 1$

(Sumber: Natakasumah, 2011)

6. Debit Puncak Hidrograf Satuan

Debit puncak pada metode ini dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_p = \frac{R}{3,6T_p} \frac{A_{DAS}}{A_{HSS}}$$

dengan:

T_L = *time lag* (jam)

C_t = koefisien waktu (untuk proses kalibrasi) dengan nilai standarnya 1,0

L = panjang sungai (km)

T_p = waktu puncak (jam)

T_r = durasi hujan (jam)

T_b = waktu dasar (jam)

Q_p = debit puncak hidrograf satuan (m^3/s)

R = curah hujan satuan (1 mm)

A_{DAS} = luas DAS (km^2)

A_{HSS} = luas HSS tidak berdimensi yang dapat dihitung secara *exact* atau numerik

B.4 Kontrol Volume Hidrograf dan

Nilai H_{DRO}

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

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

dengan:

V = volume hidrograf (m^3)

Q_t = debit saat waktu t (m^3/detik)

Q_{t+1} = debit saat waktu $t+1$ (m^3/detik)

T_t = waktu saat debit t (jam)

T_{t-1} = waktu saat debit $t-1$ (jam)

Keandalan hasil analisis metode HSS pada DAS yang tidak memiliki hidrograf natural atau hidrograf observasi dapat diketahui dengan menggunakan metode kontrol volume dengan konsep hidrograf satuan. Maksud konsep tersebut pada metode ini adalah nilai H_{DRO} (*high direct run off*) atau yang biasa disebut dengan rasio volume harus bernilai 1 mm dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{A}$$

dengan:

- I = hujan efektif (1 mm)
- V = volume hidrograf (m³)
- A = luas DAS (m²)

Menurut Indarto (2010) 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 dipersamakan sebagai berikut:

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

dengan:

- VE* = volume error (%)
- V_{obs}* = volume terukur
- V_{cal}* = volume simulasi

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Siak wilayah Kota Pekanbaru bagian Utara yang terdiri dari lima anak sungai yaitu Sub DAS Takuana, Sub DAS Umban, Sub DAS Meranti, Sub-DAS Limbungan, dan Sub DAS Ukai.



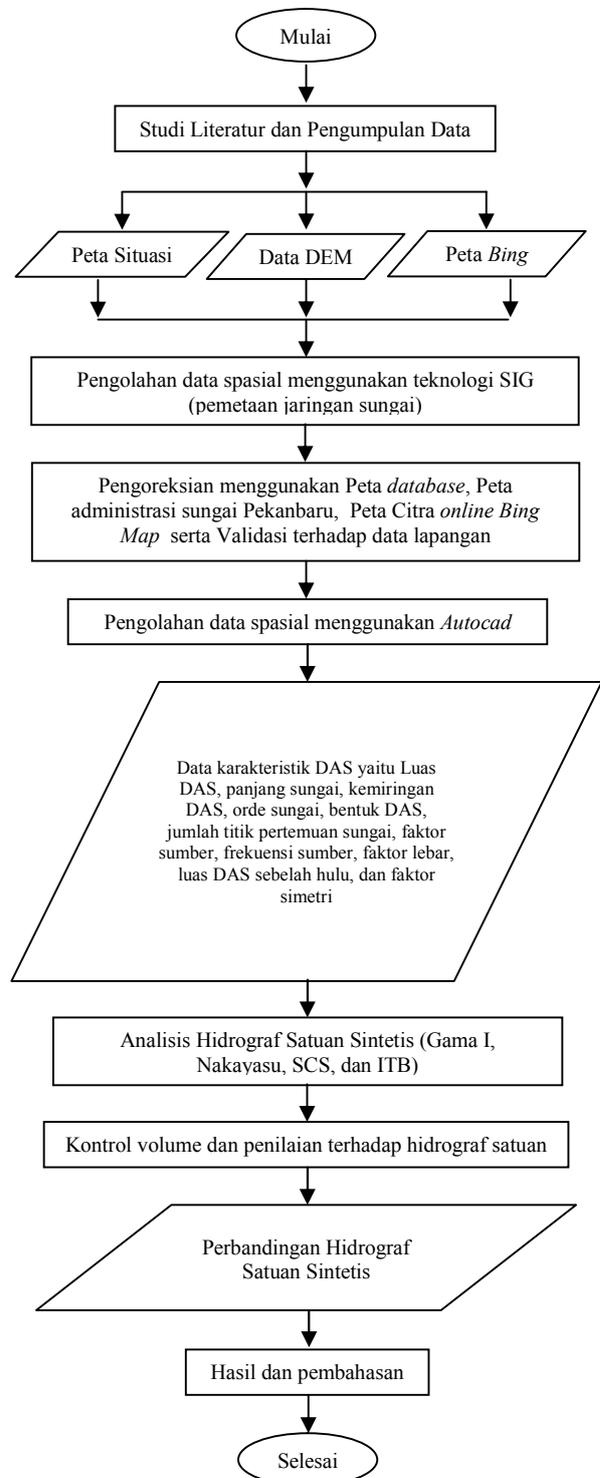
Gambar 6. Peta Rencana Sistem Jaringan Sumber Daya Air

(Sumber: Pemerintah Kota Pekanbaru, 2014)

C.2 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pemetaan jaringan sungai menggunakan sebuah program Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan tujuan untuk menganalisis karakteristik dari suatu DAS berdasarkan

data peta administrasi, kemudian data karakteristik DAS tersebut dianalisis menggunakan empat metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir penelitian yaitu Gambar 7.

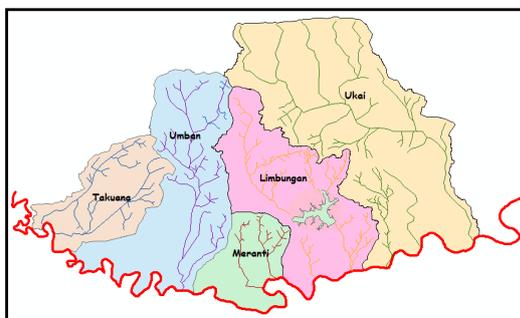


Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pemetaan Jaringan Sungai

Pemetaan jaringan sungai dilakukan dengan tumpang susun antara jaringan sungai pada data ASTER GDEM dengan peta rencana tata ruang wilayah Kota Pekanbaru Tahun 2014-2034 pada SIG. Tumpang susun ini dilakukan untuk mengoreksi pada saat melakukan pemetaan. Hasil dari tumpang susun peta tersebut dikoreksi kembali menggunakan Peta Bing secara *online* dan diperoleh hasil pemetaan jaringan sungai pada Daerah Aliran Sungai Siak Wilayah Kota Pekanbaru bagian Utara yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pemetaan Sub DAS Siak Wilayah Kota Pekanbaru Bagian Utara

D.2 Karakteristik DAS

Parameter karakteristik DAS yang diperoleh berupa luas DAS, panjang sungai, kemiringan DAS, orde sungai, bentuk DAS, jumlah titik pertemuan sungai, faktor sumber, frekuensi sumber, faktor lebar, luas DAS sebelah hulu, kerapatan aliran sungai, dan faktor simetri. Analisis karakteristik DAS dilakukan pada masing-masing sub DAS Siak di wilayah Kota Pekanbaru bagian utara.

D.2.1 Luas DAS

Luas masing-masing DAS yang diteliti diketahui berdasarkan jaringan sungai dari hasil pemetaan menggunakan teknologi SIG. Hasil analisis luas DAS yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Sub DAS Berdasarkan Luas

No	Nama DAS	Luas DAS (ha)	Klasifikasi DAS
1	Takuana	2604,5	Sangat Kecil
2	Umban	5185	Sangat Kecil
3	Meranti	1827,6	Sangat Kecil
4	Limbungan	4745,2	Sangat Kecil
5	Ukai	9107	Sangat Kecil

D.2.2 Panjang Sungai Utama

Pada penelitian ini panjang sungai utama ditentukan berdasarkan jaringan sungai yang telah diubah menjadi data *autocad*. Nilai-nilai panjang sungai dari lima DAS yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Panjang Sungai Utama dari Masing-Masing Sub DAS

No	Nama DAS	Panjang Sungai Utama (Km)
1	Takuana	8,441
2	Umban	13,933
3	Meranti	5,531
4	Limbungan	17,784
5	Ukai	22,047

D.2.3 Kemiringan DAS

Kemiringan DAS dapat ditentukan berdasarkan tingkat perubahan elevasi dalam jarak tertentu sepanjang arah aliran utama suatu sungai. Hasil kemiringan DAS dan klasifikasinya untuk masing-masing sub DAS di wilayah Kota Pekanbaru bagian utara dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi Kemiringan DAS

No	Nama DAS	Kemiringan DAS	Keterangan
1	Takuana	0,003	Datar/Landai
2	Umban	0,004	Datar/Landai
3	Meranti	0,006	Datar/Landai
4	Limbungan	0,003	Datar/Landai
5	Ukai	0,002	Datar/Landai

D.2.4 Bentuk DAS

Bentuk DAS mempunyai variasi yang tidak terhingga. Sehingga dalam menentukan bentuk DAS dapat digunakan cara kuantitatif yaitu diperkirakan dengan menggunakan nilai *elongation ratio* (Re).

Hasil klasifikasi bentuk DAS penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Klasifikasi Bentuk DAS

No	Nama DAS	Nilai <i>Elongation Ratio (Re)</i>	Bentuk DAS
1	Takuana	0,683	Membulat
2	Umban	0,583	Membulat
3	Meranti	0,873	Membulat
4	Limbungan	0,437	Memanjang
5	Ukai	0,489	Memanjang

D.2.4 Orde Sungai

Penentuan orde sungai yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode strahler. Metode ini dipilih karena merupakan metode penentuan orde sungai yang banyak digunakan. Hasil penentuan orde sungai penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Penentuan Orde Sungai

No	Nama DAS	Orde	Orde	Orde	Orde
		Sungai 1	Sungai 2	Sungai 3	Sungai 4
1	Takuana	27	14	7	-
2	Umban	39	19	7	6
3	Meranti	19	14	2	-
4	Limbungan	52	30	11	5
5	Ukai	50	24	11	9

D.2.4 Data Karakteristik Lainnya

Data karakteristik ini digunakan dalam perhitungan metode HSS Gama I. Data yang dianalisis berupa jumlah titik pertemuan sungai, faktor sumber, frekuensi sumber, faktor lebar, luas DAS sebelah hulu, faktor simetri, dan kerapatan aliran sungai. Hasil penentuan data-data karakteristik ini dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Penentuan Data Karakteristik untuk Metode HSS Gama I

No	Nama DAS	Jumlah Titik Pertemuan Sungai (<i>JN</i>)	Faktor Sumber (<i>SF</i>)	Frekuensi Sumber (<i>SN</i>)
1	Takuana	26	0,402	0,563
2	Umban	38	0,458	0,549
3	Meranti	18	0,345	0,543
4	Limbungan	51	0,423	0,531
5	Ukai	49	0,594	0,532

Tabel 12. Penentuan Data Karakteristik untuk Metode HSS Gama I

No	Nama DAS	Faktor Lebar (<i>WF</i>)	Luas DAS Sebelah Hulu (<i>RUA</i>)	Faktor Simetri (<i>SIM</i>)	Kerapat- an Aliran Sungai
1	Takuana	1,352	0,525	0,711	1,402
2	Umban	0,880	0,456	0,401	1,040
3	Meranti	0,549	0,541	0,297	0,902
4	Limbungan	0,784	0,498	0,390	1,101
5	Ukai	1,015	0,513	0,520	1,053

D.3 HSS Gama I

Analisis menggunakan metode HSS Gama I ini memerlukan beberapa karakteristik DAS, yaitu luas DAS, panjang sungai utama, kemiringan DAS, orde sungai, jumlah titik pertemuan sungai (*JN*), faktor sumber (*SF*), frekuensi sumber (*SN*), faktor lebar (*WF*), luas DAS sebelah hulu (*RUA*), faktor simetri (*SIM*), dan kerapatan aliran sungai. Karakteristik-karakteristik DAS tersebut telah dihitung dan diteliti sesuai dengan prosedur penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Metode HSS Gama I

Nama DAS	Waktu Puncak (<i>TR</i>) (Jam)	Debit Puncak (<i>QP</i>) (m ³ /d)	Waktu Dasar (<i>TB</i>) (Jam)	Koefisien Tampungan (<i>K</i>)
Takuana	2,039	2,042	30,119	6,454
Umban	1,718	3,591	27,098	6,024
Meranti	1,596	1,675	26,532	6,315
Limbungan	1,726	3,649	27,424	6,606
Ukai	1,854	5,154	28,730	5,327

D.4 HSS SCS

Analisis menggunakan metode HSS SCS ini memerlukan beberapa karakteristik DAS, yaitu luas DAS dan panjang sungai utama. Karakteristik-karakteristik DAS tersebut telah dihitung dan diteliti sesuai dengan prosedur penelitian. Analisis metode HSS ini menggunakan bantuan program *microsoft excel* yang hasil perhitungan dari lima sub DAS yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Metode HSS SCS

Nama DAS	<i>Time Lag</i>	Waktu Puncak	Waktu Dasar	Debit Puncak
	(T_L) (Jam)	(T_p) (Jam)	(T_b) (Jam)	(QP) (m ³ /d)
Takuana	2,841	3,341	16,707	1,672
Umban	3,676	4,176	20,878	2,587
Meranti	1,912	2,412	12,058	1,579
Limbungan	3,870	4,370	21,851	2,262
Ukai	4,868	5,368	26,841	3,534

D.5 HSS ITB

Analisis menggunakan metode HSS ITB ini memerlukan beberapa karakteristik DAS, yaitu luas DAS dan panjang sungai utama. Hasil perhitungan dari lima sub DAS yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 15 dan Tabel 16.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Metode HSS ITB-1

Nama DAS	<i>Time Lag</i>	Waktu Puncak	Waktu Dasar	Debit Puncak
	(T_L) (Jam)	(T_p) (Jam)	(T_b) (Jam)	(QP) (m ³ /d)
Takuana	2,921	3,421	34,210	0,980
Umban	3,946	4,446	44,456	1,500
Meranti	2,267	2,767	27,666	0,851
Limbungan	4,568	5,068	50,678	1,204
Ukai	5,196	5,696	56,964	2,055

Tabel 16. Hasil Perhitungan Metode HSS ITB-2

Nama DAS	<i>Time Lag</i>	Waktu Puncak	Waktu Dasar	Debit Puncak
	(T_L) (Jam)	(T_p) (Jam)	(T_b) (Jam)	(QP) (m ³ /d)
Takuana	0,917	1,466	14,665	3,573
Umban	1,299	2,079	20,788	5,133
Meranti	0,691	1,105	11,050	3,069
Limbungan	1,548	2,477	24,773	4,018
Ukai	1,812	2,900	28,999	6,619

D.6 Kontrol Volume dan Penilaian Hidrograf

Perhitungan kontrol volume dan penilaian terhadap hidrograf ini dilakukan setelah menganalisis karakteristik-karakteristik DAS menggunakan empat metode HSS selesai. Perhitungan kontrol volume ini dilakukan untuk mengetahui keandalan dari hasil analisis HSS. Hasil perhitungan kontrol volume dan penilaian hidrograf dapat dilihat pada Tabel 17 dan Tabel 18.

Tabel 17. Hasil Perhitungan Nilai H_{DRO}

Nama DAS	Nilai H_{DRO} (mm)			
	Gama I	SCS	ITB-1	ITB-2
Takuana	2,085	1,002	1,000	1,000
Umban	1,700	1,014	1,000	1,000
Meranti	2,300	0,920	1,000	1,000
Limbungan	2,031	1,016	1,000	1,000
Ukai	1,269	0,716	1,000	1,000

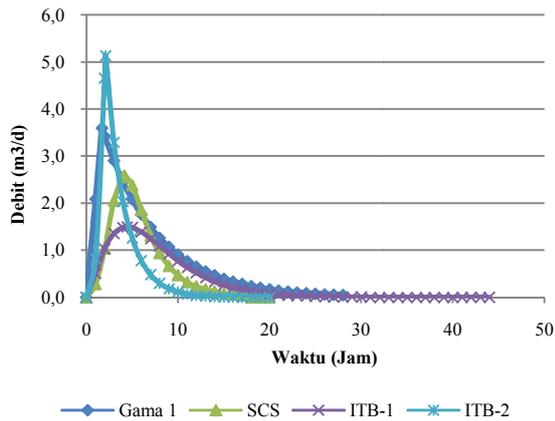
Tabel 18. Hasil Perhitungan Kontrol Volume

Nama DAS	Volume Error (%)			
	Gama I	SCS	ITB-1	ITB-2
Takuana	108,155	0,179	0,011	0,000
Umban	69,995	1,395	0,000	0,000
Meranti	130,013	7,990	0,000	0,000
Limbungan	103,080	1,594	0,000	0,000
Ukai	26,918	28,443	0,000	0,000

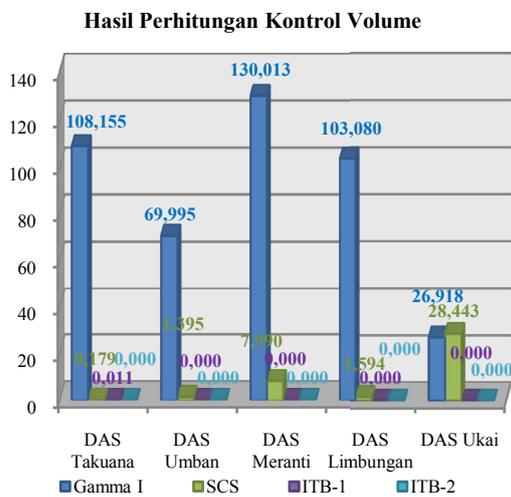
D.7 Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetis

Analisis perbandingan HSS dilakukan untuk membandingkan hasil dari keempat metode HSS yang digunakan. Hasil tersebut dapat memperlihatkan metode HSS mana yang dapat diterapkan untuk DAS Siak. Perbandingan HSS ini dilihat dari bentuk hidrograf, hasil kontrol volume, dan nilai H_{DRO} dari masing-masing metode.

Hasil perhitungan metode HSS yang berupa bentuk hidrograf menunjukkan bahwa nilai debit puncak terbesar untuk seluruh sub DAS dihasilkan oleh metode ITB-2, hal ini disebabkan oleh nilai waktu puncak seluruh sub DAS yang dihasilkan metode ITB-2 merupakan nilai waktu puncak terkecil diantara metode HSS lainnya. Hasil ini sesuai dengan persamaan yang digunakan, dimana nilai debit puncak berbanding terbalik dengan nilai waktu puncak yang dihasilkan. Berikut adalah contoh perbandingan bentuk hidrograf dari salah satu sub DAS yaitu sub DAS Umban yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Bentuk Hidrograf Empat Metode HSS Sub DAS Umban



Gambar 9. Hasil Perhitungan Kontrol Volume

Pada Gambar 9 terlihat bahwa nilai volume kontrol metode HSS Gama I menghasilkan nilai paling tinggi diantara metode HSS lainnya, ini berarti metode HSS Gama I tersebut menghasilkan nilai toleransi kesalahan tertinggi jika dibandingkan dengan nilai toleransi kesalahan dari metode lainnya. Nilai toleransi kesalahan yang dihasilkan HSS Gama I berada diatas 5%, hasil ini berlaku untuk seluruh sub DAS yang diteliti. Jika hasil nilai toleransi kesalahan yang dihasilkan diatas 5%, ini menunjukkan bahwa nilai volume yang dihasilkan dari perhitungan tidak sama dengan nilai volume observasi.

Pada Gambar 9 tersebut juga terlihat bahwa hasil nilai kontrol volume metode HSS ITB sesuai dengan hasil perhitungan yang didapat yaitu nilai toleransi kesalahannya 0% untuk seluruh sub DAS yang diteliti. Hasil tersebut sesuai dengan ketentuan bahwa nilai toleransi kesalahan yang dihasilkan haruslah kecil dari 5%, dimana pada metode HSS ITB ini nilai volume yang dihasilkan dari perhitungan 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 ITB, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.18. Hasil ini menunjukkan bahwa metode HSS ITB dapat diterapkan di DAS Siak wilayah Kota Pekanbaru bagian Utara.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Luas sub DAS yang didapat dari hasil penelitian ini, sub DAS Ukai memiliki luas terbesar dibandingkan empat sub DAS lainnya yang diteliti, yaitu sebesar $91,070 \text{ km}^2$. Sedangkan sub DAS meranti memiliki luas terkecil yaitu sebesar $18,276 \text{ km}^2$. Luas daerah pengaliran ini digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui potensi hujan dalam menghasilkan sejumlah volume air pada sebuah DAS, dimana DAS yang memiliki

- luasan lebih besar maka akan menghasilkan debit puncak yang besar pula.
- b. Debit puncak terbesar yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan empat metode HSS adalah sub DAS Ukai, sedangkan untuk debit puncak terkecil terjadi pada sub DAS Meranti.
 - c. Berdasarkan keempat metode HSS yang digunakan, kontrol volume yang nilai toleransi kesalahannya kecil dari 5% untuk keseluruhan sub DAS adalah metode HSS ITB. Jika dilihat dari besarnya nilai H_{DRO} yang dihasilkan dari masing-masing metode HSS yang digunakan untuk kelima sub DAS, metode yang menghasilkan nilai H_{DRO} paling mendekati 1 mm adalah metode ITB. Oleh karena itu, metode ITB inilah yang dinilai dapat diterapkan pada lima sub DAS Siak wilayah Kota Pekanbaru bagian utara.

E.2 Saran

Besaran HSS yang dianalisis berdasarkan data karakteristik DAS menggunakan bantuan teknologi SIG yang memanfaatkan data citra satelit dan peta dasar ini dapat dikembangkan dan dikoreksi dengan menggunakan input data yang lebih kompleks. Agar hasil analisis besaran HSS yang didapat lebih akurat, perlunya dilakukan kajian lebih lanjut mengenai hidrograf satuan hasil pengukuran pada DAS Siak bagian Utara ini serta menganalisis kembali dengan metode HSS lainnya.

F. DAFTAR PUSTAKA

Barus, Baba dan U.S. Wiradisastra. 2000. *Sistem Informasi Geografis*. Bogor: Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Bedient, Philip B dan Wayne C. Huber. 2002. *Hydrology and Floodplain Analysis (Third Edition)*. United States of America: Prentice Hall.

Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Indarto. 2010. *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara

Junia, Nurhasanah. 2015. *Kesesuaian Model Hidrograf Satuan Sintetik Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Siak Bagian Hulu*. Jom FTEKNIK Volume 2 No. 1.

Kementrian Kehutanan. 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.

Menteri Pekerjaan Umum. 2005. *Penataan Ruang Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak Provinsi Riau*. Pekanbaru: Departemen Pekerjaan Umum.

Natakusumah, Dantje K, Waluyo Hatmoko, dan Dhemi Harlan. 2011. *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 18 No. 3.

Nugraha, Henky dan Ahmad Cahyadi. 2012. *Analisis Morfometri Menggunakan Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Sub DAS Prioritas (Studi Kasus Mitigasi Bencana Banjir Bandang Di DAS Garang Jawa Tengah)*. Yogyakarta: Seminar Nasional Informatika 2012.

Nugroho. 2000. *Aplikasi Hidrologi*. Jakarta: Andi Offset.

Pemerintah Kota Pekanbaru. 2012. *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD)*. Pekanbaru: Pemerintah Kota Pekanbaru

Ramadani, M. 2014. *Pemodelan Parameter α Pada Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (Studi Banding dengan Hidrograf Satuan Sintetis Gama I)*. Jom FTEKNIK Vol. 1 No. 1.

Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: UGM Press.

- Sherman, L.K. 1932. *Streamflow from Rainfall by The Unit-Graph Method*. Eng.News-Rec. Vol 108, pp.501-505.
- Slamet, Bejo, Dkk. 2006. *Modifikasi Model Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Hulu (Gama I Synthetic Unit Hydrograph Modification on Upper Ciliwung Watershed)*. Peronema Forestry Science Journal Vol. 2, No. 2.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi: Pengukuran dan Pengelolaan DAS (Hidrometri)*. Bandung.
- Strahler, A. N. (1957). *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. *Transactions American Geophysical Union*. 38 (913-920).
- Sudarmadji, A dan Sujono. 2004. *Pengelolaan Daerah aliran sungai terpadu dalam Rangka pengendalian Tata Air Berwawasan Lingkungan*. BIGRAF Publishing bekerjasama dengan STTL. Yogyakarta.
- Susilo, Bowo dan Danar Guruh Pratomo. 2006. *Karakteristik Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Analisis Morfometri*. Pertemuan Ilmiah Tahunan III- Teknik Geomatika ITS.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan (Vol. Cetakan kedua)*. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Triono, Nurdia. 2010. *Kajian Hubungan Geomorfologi DAS dan Karakteristik Hidrologi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.