

Studi tentang Model Hidrograf Satuan Sintetik pada Sub DAS Bayur Samarinda, Kalimantan Timur

Oleh : Muhammad Syafrudin*)

Abstract

The present research entitled Study of Synthetic Unit Hydrograph Model of Bayur River Basin at Samarinda, East Kalimantan was aimed to analyze and identify the best-suited synthetic unit hydrograph to apply in Bayur river basin. The research was carried out by developing models, and then those models were compared to main unit hydrograph based on 2004 field measurement.

Comparative analysis was performed on two stages. The first was to calculate and compare three unit hydrograph parameters (T_p , Q_p and T_b) of two synthetic unit hydrograph to main unit hydrograph. Second stage was to develop direct runoff hydrograph of two synthetic unit hydrograph models and of the main unit hydrograph using rainfall data of April 9, 2004. Then, deviation percentage averages of the two synthetic direct runoff hydrograph were calculated. Through the two analysis stages, the best-suited synthetic unit hydrograph model to apply in Bayur river basin presumably was obtained by identifying smallest deviation percentage average on main unit hydrograph.

By calculating deviation averages of direct runoff hydrograph in the two models of synthetic unit hydrograph, it was found that GAMA I model provided smallest deviation average compared Snyder model. Based on the two analysis, it was showed that GAMA I was the closest model to main unit hydrograph compared to Snyder model.

Key word: synthetic unit hydrograph, river basin, direct runoff, Snyder model, GAMA I model.

*) Muhammad Syafrudin, S.Hut., adalah dosen Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman.

1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah keseluruhan permukaan lahan dan perairan yang dibatasi oleh pemisah topografik dan dengan sesuatu atau berbagai cara memberi sumbangan air kepada sungai dan sistem sungai yang saling berhubungan sebagai suatu unit hidrologi sehingga semua aliran yang berasal dari daerah ini dikeluarkan melalui satu keluaran tunggal (Seyhan, 1977). Dengan demikian DAS dapat dipandang sebagai ekosistem, artinya DAS terdiri atas berbagai komponen biogeofisik yang saling berinteraksi hingga terbentuk satu kesatuan.

Untuk dapat mempelajari tanggapan DAS terhadap masukan yang berupa presipitasi diperlukan suatu pengukuran dan pengamatan aliran sungai. Analisa dan evaluasi mengenai kondisi suatu DAS dapat dilakukan dengan keberadaan data aliran sungai dan data pendukung lainnya. Dalam hal ini mutlak diperlukan ketersediaan data-data tersebut.

Hambatan yang paling utama dalam penyediaan data aliran ini adalah kendala biaya dan kendala tenaga ahli atau pelaksana. Hal ini dikarenakan biaya pembuatan dan pemasangan stasiun pengamatan aliran sungai memakan biaya yang tidak sedikit jika diupayakan di semua bagian DAS. Selain itu kurangnya tenaga terlatih yang dapat diandalkan dalam pengumpulan dan pengolahan data aliran menjadi hambatan tersendiri bagi ketersediaan data aliran tersebut.

Sehubungan dengan keterbatasan data yang diperlukan tersebut, maka dikembangkan berbagai metode penelitian yang diupayakan untuk memenuhi kebutuhan informasi tentang kondisi hidrologis pada suatu wilayah untuk dengan ketersediaan data yang langka dan sangat sedikit. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menggunakan hidrograf satuan sintetik.

Kajian mengenai model hidrograf satuan sintetik ini terus dilakukan. Hal ini didasarkan pada sebagian besar model hidrograf satuan sintetik yang telah tersedia merupakan hasil penelitian yang dilakukan bukan di Indonesia yang tentunya mempunyai perbedaan karakteristik alam yang cukup nyata. Untuk itu dirasa perlu dilakukan penelitian mengenai beberapa model hidrograf satuan sintetik yang telah banyak digunakan sehingga dapat dipilih model yang sesuai untuk suatu DAS dengan kondisi morfometrinya.

Model hidrograf satuan sintetik yang sesuai tersebut diharapkan dapat digunakan untuk keperluan analisis kondisi

hidrologi suatu DAS dan lebih luas lagi untuk analisis kondisi ekosistem DAS tersebut. Selain itu juga diharapkan model tersebut dapat dimanfaatkan di lokasi lain yang memiliki kemiripan karakteristik morfometri DAS mengingat sebagian besar wilayah di Kalimantan Timur memiliki karakteristik DAS yang hampir sama.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Mengkaji model hidrograf satuan pada Sub DAS Bayur Samarinda.
- b. Menganalisis hasil dari model hidrograf satuan sintetik yang sesuai pada Sub DAS Bayur Samarinda.

2. Metode Penelitian

a. Tahap Persiapan

Pada tahapan ini dilakukan studi pustaka dengan mengumpulkan dan menggali informasi lebih banyak berkaitan dengan pengembangan model hidrograf aliran dan hidrograf satuan sintetik pada suatu DAS serta analisisnya untuk kepentingan pengembangan hidrologi. Selain itu, juga dilakukan penyiapan data-data yang menunjang penelitian sebagai berikut:

- 1) Peta administrasi, peta hidrologi, peta penggunaan lahan, peta topografi dan peta tanah daerah Kota Samarinda dan sekitarnya skala 1 : 50.000.
- 2) Data rekaman hujan daerah penelitian (Sub DAS Bayur).
- 3) Data aliran dan rekaman tinggi muka air daerah penelitian (Sub DAS Bayur).
- 4) Parameter Morfometri DAS
- 5) Planimeter untuk mengukur luasan DAS dalam peta .
- 6) Mistar duga tinggi muka air untuk mengukur tinggi muka air sungai.
- 7) Separangkat alat komputer untuk pengolahan, klasifikasi dan analisis, penayangan data dan informasi.

b. Tahap Pelaksanaan

Tahap ini dilaksanakan pengumpulan data sekunder dan data primer, sebagai berikut :

- 1) Pengumpulan data sekunder, meliputi :
 - a) Rekaman data pengukuran curah hujan tahun 2002 – 2006.
 - b) Rekaman data pengukuran tinggi muka air tahun 2002 – 2006.

- c) Rekaman data pengukuran debit aliran mulai tahun 2002 – 2006.
 - d) Model hidrograf satuan sintetik yang digunakan, dalam hal ini model Snyder dan GAMA I.
- 2) Pengumpulan data primer, meliputi:
- a) Pemilahan hidrograf banjir tunggal dari data rekaman yang tersedia untuk dijadikan hidrograf satuan alaminya.
 - b) Pengukuran dan perhitungan morfometri DAS pada daerah penelitian.

c. Tahap Pengelolaan dan Analisa Data

1) Hidrograf Aliran

Hidrograf aliran diturunkan dari hidrograf tinggi muka air dengan menggunakan “*Stage discharge rating curve*”. Rating curve dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = a (H-H_0)^b$$

dimana Q = debit aliran (m³/dtk)

H = tinggi muka air (m)

a, b, = konstanta

H₀ = tinggi muka air pada saat Q = 0

2) Hidrograf Satuan

Pembuatan hidrograf satuan alami berdasarkan data aliran (hidrograf aliran) dan data hujan dilakukan sebagai berikut :

- a) Memilih curah hujan yang menghasilkan hidrograf dengan puncak tunggal.
- b) Memisahkan aliran dasar, buat hidrograf aliran langsung dan menghitung volume aliran langsung.
- c) Menghitung tebal aliran langsung dengan tebal hujan efektif.
- d) Melukis hidrograf satuan dengan membagi ordinat hidrograf aliran langsung dengan tebal hujan efektif.
- e) Menentukan lama waktu hujan efektif dengan menggunakan *loss-rate model*.

3) Hidrograf Satuan Sintetik

- a) Model Snyder

Metode perhitungan Snyder yang digunakan adalah dengan menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut :

$$t_p = C_t (L \cdot L_{CA})^{0,3}$$

dengan t_p = waktu capai puncak (jam),

C_t = koefisien sebagai fungsi landai dan tampungan (antara 1,8 – 2,2),

L = panjang sungai utama (mil),

L_{CA} = panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (mil).

Debit puncak tiap satuan luas DAS dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$q_p = \frac{640C_p}{t_p}$$

dengan q_p = debit puncak (m^3/dtk),

C_p = koefisien antara 0,56 dan 0,69

Lama hujan (jam) ditetapkan dengan :

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

Waktu dasar (hari) hidrograf satuan didapat dengan persamaan:

$$t_b = 3 + 3 \frac{t_p}{24}$$

Apabila lama hujan yang sebenarnya tidak sama dengan t_r maka persamaan (3) perlu dikoreksi dengan persamaan:

$$q_{pr} = \frac{640C_p}{t_{pr}}$$

$$t_{pr} = t_p + \frac{t_R - t_r}{4}$$

dengan q_{pr} = debit puncak untuk lama hujan t (m^3/dtk),

t_{pr} = waktu puncak untuk lama hujan t_R (jam),

t_R = lama hujan (jam).

Penyempurnaan bentuk hidrograf satuan dapat dilakukan dengan metode Alexeyev dengan fungsi sebagai berikut (DPU, 1980):

$$Q = f(t)$$

Dalam penggambarannya, fungsi tersebut menjadi $Y = f(x)$ dimana Q sebagai sumbu Y dan t sebagai sumbu X . Selanjutnya persamaan Alexeyev yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y = 10^{-a} \frac{(1-x)^2}{x}$$

dimana $Y = Q \cdot Q_p^{-1}$ (m^3/dtk) dan $x = t \cdot t_p^{-1}$ (jam)

$$a = f(\lambda)$$

$$a = 1,32 \lambda^2 + 0,15 \lambda + 0,045$$

$$\lambda = Q_p T_p W^{-1}$$

$$W = 1000 h A$$

dimana Q = debit pada waktu t ,

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan

T_p = waktu capai puncak (jam)

h = hujan efektif (mm) (Wilson, 1993)

b) Model GAMA I

Model hidrograf satuan sintetik GAMA I ini merupakan model pertama yang dikembangkan di Indonesia. Langkah-langkah yang digunakan untuk mendapatkan hidrograf satuannya sebagai berikut :

- (1) Menentukan dan menghitung parameter-parameter DAS persamaan empiris GAMA I.
- (2) Memasukkan nilai-nilai parameter morfometri DAS ke dalam persamaan empiris GAMA I sehingga diperoleh besarnya debit puncak (Q_p), waktu naik (T_r), waktu dasar (T_b) dan koefisien penampungan (K).
- (3) Hidrograf satuan diperoleh dengan cara memasukkan nilai t pada persamaan dari harga nol hingga waktu dasar yang didapatkan dari perhitungan, sedangkan nilai kenaikan hidrograf satuan cukup disajikan dalam bentuk garis lurus dengan jarak datar T_r dan jarak miring.

Adapun persamaan empiris GAMA I adalah sebagai berikut:

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k}$$

$$Tr = 0,430(L/100SF)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5866} Tr^{-0,4008} JN^{0,2381}$$

$$Tb = 27,4132 Tr^{0,1457} S^{-0,0986} RUA^{0,2574} SN^{0,7344}$$

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

$$Q_b = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430}$$

$$\emptyset = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,69885 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4$$

Keterangan :

Q_t = debit hitung dalam t jam setelah debit puncak (m^3/dtk)

Q_p = debit pada saat yang ditinjau ($t=0$) (m^3/dtk)

K = faktor tampungan (jam)

Tr = waktu mencapai puncak (jam)

Tb = waktu dasar (jam)

Q_b = debit aliran dasar (m^3/dtk)

N = jumlah stasiun hujan

\emptyset = indeks infiltrasi (Sri Harto, 1993)

Parameter-parameter morfometri DAS dalam persamaan empiris model GAMA I adalah sebagai berikut :

(1) Luas DAS (A)

(2) Panjang sungai utama (L)

(3) Faktor sumber (*source factor*, SF)

$$SF = \frac{Li}{Lu}$$

Keterangan : Li = panjang sungai tingkat 1

Lu = panjang sungai semua tingkat

(4) Kerapatan jaringan (*drainage density*, Dd)

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

Keterangan : L = jumlah panjang sungai semua orde, A = luas DAS

(5) Landaian sungai rata-rata (S)

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

Keterangan : S = landaian sungai rata-rata

ΔH = perbedaan titik tertinggi dengan tempat pengukuran

L = panjang sungai utama

(6) Frekuensi sumber (*source frequency*, SN)

$$SN = \frac{N_i}{N_u}$$

Keterangan : N_i = jumlah pangsa sungai tingkat 1
 N_u = jumlah pangsa sungai semua tingkat.

(7) Faktor Simetri (*Symetry factor*, SIM)

$$SIM = RUA \times WF$$

Kriteria SIM yang digunakan :

- $SIM > 0,5$ = lebar di bagian hulu lebih besar
- $SIM < 0,5$ = lebar di bagian hulu lebih kecil

(8) Faktor lebar (*width factor*, WF)

$$WF = WU / WL$$

dimana WU = lebar DAS diukur pada $\frac{3}{4}$ panjang sungai (km)
dan WL = lebar DAS diukur pada $\frac{1}{4}$ panjang sungai (km).

(9) Luas relatif DAS bagian hulu (*relative uppercatchment area*, RUA). Merupakan perbandingan antara luas DAS sebelah hulu garis yang ditarik melalui titik di sungai terdekat dengan titik berat DAS dan tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan titik tersebut dengan tempat pengukuran dengan luas DAS.

$$RUA = AU / A$$

(10) Jumlah pertemuan sungai (*number of junctions*, JN).

Besarnya sama dengan jumlah pangsa tingkat satu dikurangi satu.

$$JN = N_i - 1$$

4) Analisis Hidrograf

a) Analisis grafis

Langkah selanjutnya menghitung persentase perbedaan dari masing-masing model hidrograf terhadap hidrograf satuan alaminya dengan rumusan sebagai berikut :

(1) Persentase perbedaan nilai debit puncak

$$\frac{Qp_{\text{model}} - Qp_{\text{alami}}}{Qp_{\text{alami}}} \times 100\%$$

(2) Persentase perbedaan nilai waktu puncak

$$\frac{Tp_{\text{model}} - Tp_{\text{alami}}}{Tp_{\text{alami}}} \times 100\%$$

(3) Persentase perbedaan nilai waktu dasar

$$\frac{Tb_{\text{model}} - Tb_{\text{alami}}}{Tb_{\text{alami}}} \times 100\%$$

b) Analisis Statistik

Analisis statistik ini, debit masing-masing hidrograf aliran menjadi sampel dalam ujiannya sehingga terdapat tiga populasi data debit yang akan dilakukan uji beda dengan analisis varian satu arah (*one way Analysis of Variances*) dengan menggunakan uji F dengan taraf kepercayaan 5 %. Uji beda terhadap kedua hidrograf aliran model terhadap hidrograf aliran observasi ini menggunakan hipotesis nol (H_0) bahwa ketiga hidrograf aliran ini adalah sama atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hipotesis alternatifnya adalah bahwa ketiga model tersebut berbeda atau terdapat perbedaan yang signifikan.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Apabila nilai F yang dihitung lebih kecil daripada diluar F tabel maka hipotesis nol dapat diterima pada signifikan 5 %. Hipotesis nol ditolak jika nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel atau dapat diartikan terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua hidrograf aliran yang berasal dari hidrograf satuan sintetik terhadap hidrograf aliran observasi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

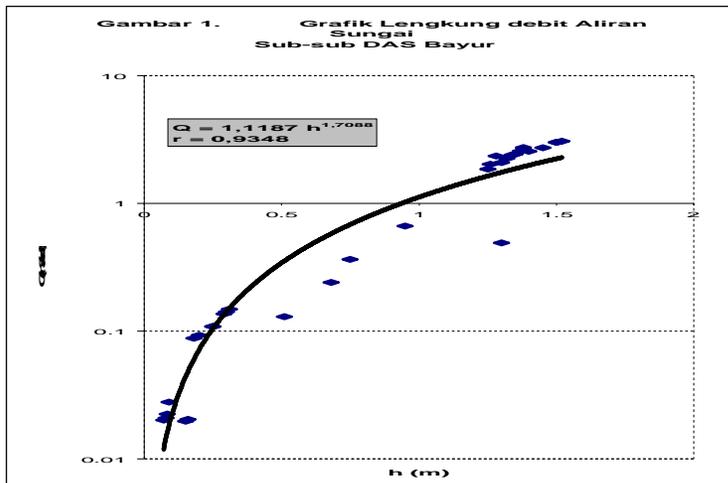
a. Hubungan Antara Debit Aliran Dengan Tinggi Muka Air

Berdasarkan hasil pengukuran debit aliran dari berbagai ketinggian muka air di sungai Bantar Mayat (Sub DAS Bayur) maka dapat dibuat persamaan garis hubungan antara debit dengan tinggi muka air. Persamaan garis ini dapat digambar pada suatu grafik yang disebut *stage discharge rating curve* (Sulkhan, 1999).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terlebih dahulu dapat ditentukan persamaan garis hubungan tinggi muka air dan debit adalah sebagai berikut :

$$Q = 1,1187 h^{1,7088}$$

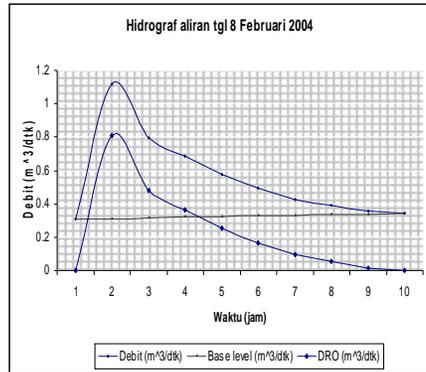
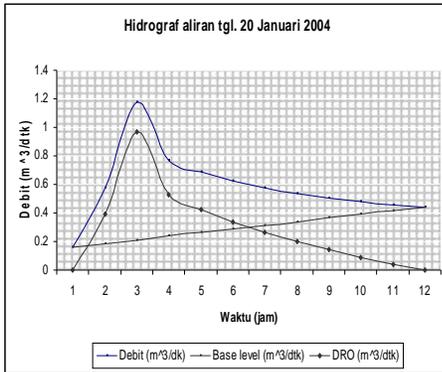
Dengan Q = debit aliran sungai (m^3/dtk) dan h = tinggi muka air (m), yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1: Hubungan antara Debit dengan Tinggi Muka Air Sub DAS Bayur.

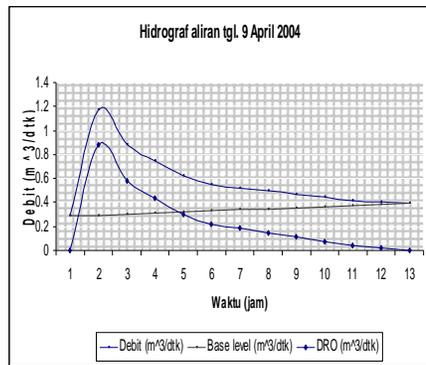
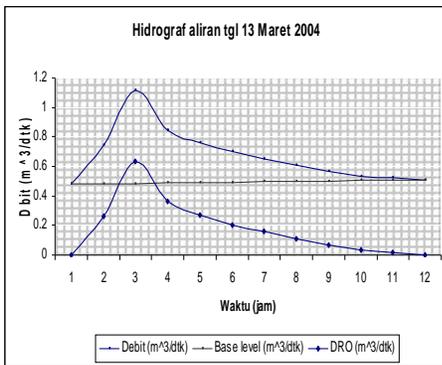
b. Hidrograf Aliran

Hidrograf aliran adalah grafik antara debit dengan waktu (Sri Harto, 1993). Pada umumnya hidrograf aliran ini biasa disebut dengan hidrograf saja dan disusun berdasarkan tinggi muka air dan *rating curve*. Hidrograf aliran yang terukur pada sungai berdasarkan dari empat sumber yang berbeda-beda, yaitu air yang berasal dari air hujan, limpasan permukaan, limpasan bawah permukaan dan aliran air tanah. Dalam analisa hidrograf selanjutnya, dibagi menjadi dua bagian yaitu aliran dasar (*base flow*) dan aliran langsung (*direct runoff*). Keduanya dipisahkan oleh garis *straight line method* dengan menggunakan kertas semilog.



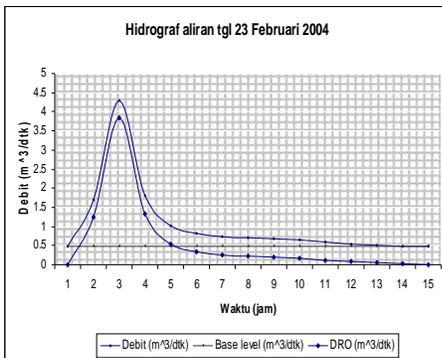
Hidrograf aliran tanggal 20 Januari 2004

Hidrograf aliran tanggal 8 Februari 2004



Hidrograf aliran tanggal 13 Maret 2004

Hidrograf aliran tanggal 9 April 2004

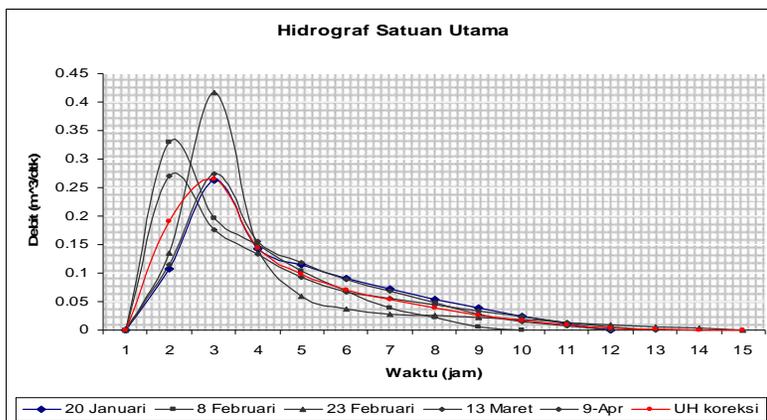


Hidrograf aliran tanggal 23 Februari 2004

Gambar 2: Hidrograf Aliran

c. Hidrograf Satuan

Dari kelima hidrograf satuan diatas, disusun hidrograf satuan utama yang akan digunakan pada analisis selanjutnya. Hidrograf satuan utama didapatkan dengan merata-rata semua hidrograf satuan diatas



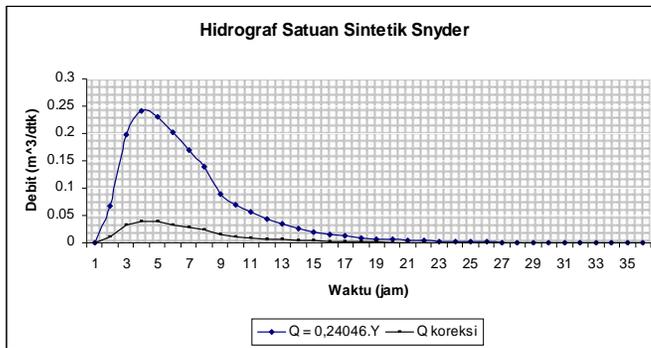
Gambar 3: Hidrograf Satuan Utama

d. Hidrograf Satuan Sintetik

1) Hidrograf Satuan Sintetik Model Snyder

Salah satu model hidrograf satuan sintetik yang paling sering digunakan adalah hidrograf satuan sintetik model Snyder ini yang dikembangkan oleh Snyder pada tahun 1938 dari penelitiannya di Gunung Appalacian di Amerika Serikat. Model ini didasarkan pada pemikiran bahwa pengalihragaman hujan menjadi aliran dapat dipengaruhi oleh sistem DASnya. Persamaan yang digunakan dalam model hidrograf satuan sintetik Snyder ini dapat dilihat pada sub bab Metode Penelitian.

Hidrograf atuan sintetik model Snyder ini diujicoba pula pada daerah penelitian dengan parameter morfometri DAS yang dihitung dari peta konturnya. Tingkat kerincian peta diharapkan memberikan informasi parameter morfometri DAS yang akurat pula.

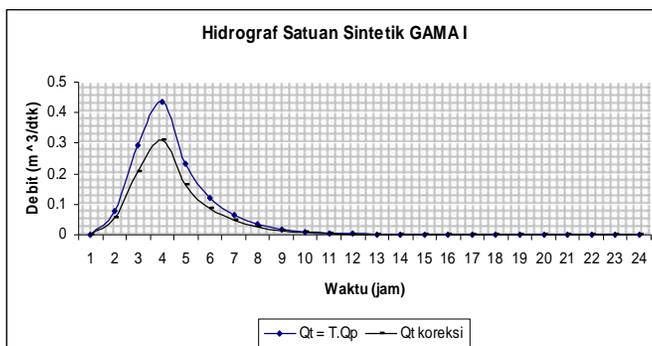


Gambar 4: Hidrograf Satuan Sintetik Model Snyder

2) Hidrograf Satuan Sintetik Model GAMA I

Hidrograf satuan sintetik GAMA I merupakan model hidrograf satuan sintetik yang dikembangkan untuk mengatasi penyimpangan-penyimpangan atas penggunaan hidrograf satuan sintetik Snyder, Nakayasu, US SCS dan lainnya. Sri Harto (1985) menyelesaikan penyimpangan-penyimpangan dalam penggunaan hidrograf satuan sintetik tersebut dengan memanfaatkan parameter-parameter DAS lain yang ternyata sangat menentukan pengalihragaman hujan menjadi banjir. Parameter-parameter tersebut dapat diukur dengan mudah dari peta topografi yang merupakan parameter DAS yang secara hidrologik mudah dijelaskan pengaruhnya terhadap hidrograf.

Hidrograf satuan sintetik GAMA I merupakan model yang paling banyak menyertakan parameter morfometri DAS dalam perhitungannya. Parameter morfometri DAS yang digunakan dapat dilihat pada sub Metode Penelitian.

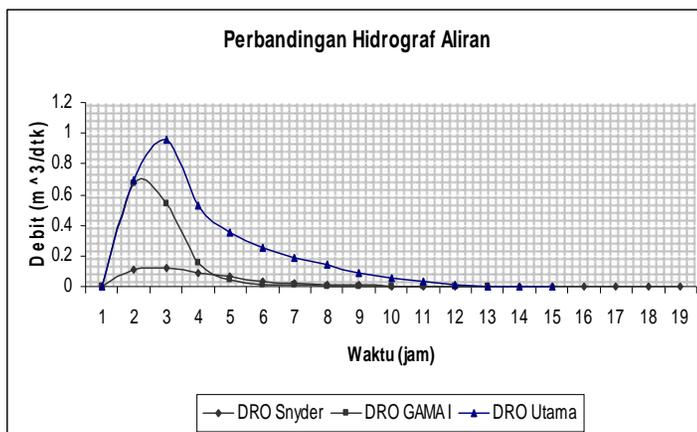


Gambar 5: Hidrograf Satuan Sintetik Model GAMA I

e. Hidrograf Aliran menggunakan metode hidrograf satuan utama, hidrograf satuan sintetik model Snyder dan GAMA I

Penyusunan hidrograf aliran dari hidrograf satuan sintetik maupun dari hidrograf satuan utama ini dengan menggunakan satu hujan tunggal yang sama yaitu dengan hujan efektif sebesar 3,273 mm. Penyusunan hidrograf aliran dengan satu hujan tunggal dimaksudkan untuk memberikan satu parameter yang sama dari ketiga hidrograf satuan yang berbeda-beda tersebut.

Urutan cara penyusunan hidrograf aliran dari hidrograf satuan sintetik maupun dari hidrograf satuan utama adalah dengan melakukan perkalian antara hasil ordinat hidrograf satuan sintetik maupun hidrograf satuan utama dengan besar hujan efektif sebagai penyebabnya.



Gambar 6: Perbandingan Hidrograf Satuan Utama dengan Sintetik Model Snyder dan GAMA I

f. Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder terhadap Hidrograf Satuan Utama dengan pengujian secara grafis

Pada tabel 1 dapat diamati bahwa ketiga parameter hidrograf satuan (T_p , Q_p , T_b) dari hidrograf satuan sintetik Snyder, memiliki persentase penyimpangan yang cukup besar terhadap hidrograf satuan utama. Waktu puncak hidrograf satuan sintetik Snyder adalah 1,6 jam sedangkan waktu puncak hidrograf satuan utama adalah 2 jam atau menyimpang 20 %. Debit puncak hidrograf satuan sintetik Snyder adalah sebesar 0,039816 m³/dtk atau menyimpang 84,98 %.

Sedangkan waktu dasar dari hidrograf satuan sintetik Snyder adalah 18 jam atau menyimpang 28,57 % dari hidrograf satuan utamanya. Jika persentase ketiga parameter tersebut diatas dijumlahkan dan dirata-ratakan, maka besar penyimpangannya adalah 133,55 % dengan rata-rata penyimpangan untuk masing-masing parameter adalah sebesar 44,52.%.

Besarnya penyimpangan ini diakibatkan oleh beberapa hal antara lain adalah :

- (1) Koefisien c_t dan c_p yang dipakai dalam penelitian ini hanya berdasarkan luas DAS saja, sehingga hidrograf satuan sintetik yang dihasilkan akan menyimpang dari hidrograf satuan alami. Selain itu penentuan nilai c_t dan c_p yang dipakai dalam perhitungan tidak dapat ditentukan besarnya dengan pasti sesuai dengan luas DAS pada lokasi penelitian.
- (2) Metode hidrograf satuan sintetik Snyder hanya berdasarkan luas DAS dan panjang sungai utama tanpa memperhatikan parameter morfometri DAS yang lain.
- (3) Kemiringan DAS rata-rata tidak diperhitungkan dalam metode hidrograf satuan sintetik Snyder ini. Menurut Subarkah (1976), kemiringan DAS rata-rata mempengaruhi lama waktu mengalirnya air hujan melalui permukaan tanah ke sungai terdekat sehingga dipengaruhi pula pada besar aliran permukaan.

g. Perbandingan Hidrograf Satuan GAMA I terhadap Hidrograf Satuan Utama dengan pengujian secara grafis

Seperti juga pada perbandingan hidroraf satuan sintetik Snyder, tingkat penyimpangan hidrograf satuan sintetik GAMA I dihitung dengan cara yang sama seperti pada hidrograf satuan sintetik Snyder. Parameter yang diperbandingkan adalah waktu puncak (T_p), debit puncak (Q_p) dan waktu dasar (T_b).

Tabel 1: Persentase Penyimpangan Parameter T_p , Q_p , T_b UHS GAMAI terhadap UH Utama

	UHS GAMA I	UH Utama	Persentase penyimpangan (%)
T_p (jam)	1,5	2	25
Q_p (m^3/dtk)	0,304424	0,265248	16,65
T_b (jam)	12	14	14,28

Dari tabel di atas dapat diamati bahwa waktu puncak hidrograf satuan sintetik GAMA I memiliki penyimpangan sebesar 25 %, debit puncak penyimpangannya sebesar 16,65 %, sedangkan waktu dasarnya memiliki penyimpangan sebesar 14,28%. Total penyimpangan ketiga parameter tersebut sebesar 55,93 % dengan rata-rata penyimpangan untuk setiap parameternya sebesar 18,64 %. Hasil ini menunjukkan bahwa hidrograf satuan sintetik GAMA I meskipun disusun dengan parameter morfometri DAS lebih banyak dan disusun berdasar karakter morfometri DAS di Indonesia tetap masih memiliki perbedaan yang cukup signifikan terhadap hidrograf satuan utamanya.

Penyimpangan yang cukup signifikan dari hasil hidrograf satuan sintetik GAMA I ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

- (1) Waktu puncak (T_p) yang lebih singkat pada metode hidrograf satuan sintetik GAMA I disebabkan oleh penitik beratan pada faktor sumber (SF), dimana waktu puncak berbanding terbalik dengan rata-rata faktor sumber. Hal ini disebabkan karena pada umumnya sungai-sungai tingkat 1 tidak hanya terdapat di bagian hulu DAS saja tetapi juga terdapat pada DAS sebelah hilir.
- (2) Debit puncak (Q_p) pada hidrograf satuan sintetik GAMA I menunjukkan puncak yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena dalam perhitungan Q_p hanya mendasarkan pada luas DAS (A) dan jumlah pertemuan sungai (JN). Dengan makin sedikit jumlah sungai orde 1 maka Q_p juga semakin kecil pula.

h. Perbandingan Parameter Hidrograf Satuan (T_p , Q_p dan T_b) dari Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan GAMA I

1) Analisis waktu puncak (T_p)

Parameter waktu puncak dari model Snyder dan GAMA I menunjukkan hasil yang berbeda cukup nyata terhadap hidrograf satuan utamanya. Untuk model Snyder waktu puncaknya adalah 1,6 jam atau menyimpang 20 % dari waktu puncak hidrograf satuan utamanya, sedangkan model GAMA I menunjukkan waktu puncak 1,5 jam (menyimpang 25 %).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa untuk model Snyder dan GAMA I memberikan hasil yang *underestimated*. Hasil yang menyimpang ini disebabkan oleh berbagai hal sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Panjang sungai (L) dan kemiringan sungai utama (s_0) secara bersama mempengaruhi waktu puncak (T_p) dengan nyata, dalam hal ini semakin pendek sungai

utamanya dan semakin besar kemiringan sungai utama akan memperpendek waktu puncaknya. Faktor simetri (SIM) yang merupakan hasil kali antara faktor lebar (WF) dan luas relatif DAS bagian hulu (RUA) mempunyai pengaruh positif terhadap waktu puncak (T_p), dimana semakin besar nilai WF maka akan semakin besar pula nilai SIM sehingga nilai T_p menjadi semakin besar. Faktor sumber (SF) memberikan korelasi negatif terhadap T_p , dimana semakin besar SF berarti semakin panjang sungai orde satu pada DAS sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai *outlet*. Kerapatan aliran (D_d) yang besar membuat T_p menjadi semakin lama, hal tersebut disebabkan karena D_d dipengaruhi oleh panjang sungai dalam DAS yang membuat waktu mencapai outlet semakin lama.

2) Analisis Debit puncak (Q_p)

Dalam perencanaan pembangunan bangunan air, informasi debit puncak ini dirasakan sebagai bagian terpenting sehingga diharapkan kesalahan atau penyimpangannya kecil. Namun dari model hidrograf satuan sintetik yang digunakan kesemuanya menghasilkan penyimpangan yang cukup nyata. Model Snyder menghasilkan Q_p sebesar $0,093816 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau menyimpang 84,98 % dari debit puncak hidrograf satuan utamanya, sedangkan model GAMA I menghasilkan Q_p sebesar $0,309425 \text{ m}^3/\text{dtk}$ atau menyimpang 16,65 %. Hasil tersebut menunjukkan untuk model Snyder merupakan hasil yang *underestimated* sedangkan model GAMA I merupakan hasil yang *overestimated*.

Dalam model Snyder, hasil Q_p yang menyimpang ini disebabkan dalam perhitungannya terdapat permasalahan dalam penentuan C_t dan C_p yang hanya mendasarkan pada luas DAS saja. Taylor dan Schwarz (dalam Subarkah, 1980) menyatakan bahwa besarnya C_t dipengaruhi oleh kemiringan lereng DAS sehingga untuk setiap sub DAS nilai C_t -nya akan berbeda tergantung kemiringan DASnya. Hal tersebut menyebabkan hasil perhitungan Q_p model Snyder menunjukkan hasil yang *underestimated*.

3) Analisis waktu dasar (T_b)

Waktu dasar (T_b) yang dihasilkan dari model Snyder adalah 18 jam atau menyimpang 28,57 % dari hidrograf satuan utamanya (14 jam). Sedangkan model GAMA I menghasilkan waktu dasar selama 12 jam atau menyimpang 14,28 %. Dari hasil tersebut dapat diamati

bahwa model Snyder mempunyai hasil yang *overestimated* dan GAMA I hasil yang *underestimated*.

Keadaan demikian menunjukkan bahwa waktu dasar dipengaruhi oleh panjang sungai utama (L), panjang sungai sampai titik terdekat pusat DAS (Lc), kerapatan aliran (Dd) dan juga frekuensi sumber (SN). Waktu dasar akan semakin panjang untuk DAS yang semakin luas dan sungai yang semakin panjang mengingat bahwa sungai yang panjang akan mengalirkan air dalam waktu yang lebih lama. Demikian pula untuk kerapatan aliran (Dd) dengan nilai yang rendah akan menghasilkan waktu dasar semakin lama. Untuk frekuensi sumber (SN) semakin besar nilainya maka waktu dasar akan semakin panjang. Hal tersebut dikarenakan frekuensi sumber (SN) merupakan perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dibandingkan dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat.

i. Analisis Statistik

Analisa statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis varian satu arah dengan melibatkan satu faktor yaitu debit dari hidrograf aliran hasil hidrograf satuan sintetik dan dari hidrograf satuan alami (terdapat tiga set data debit). Pada analisis statistik ini digunakan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

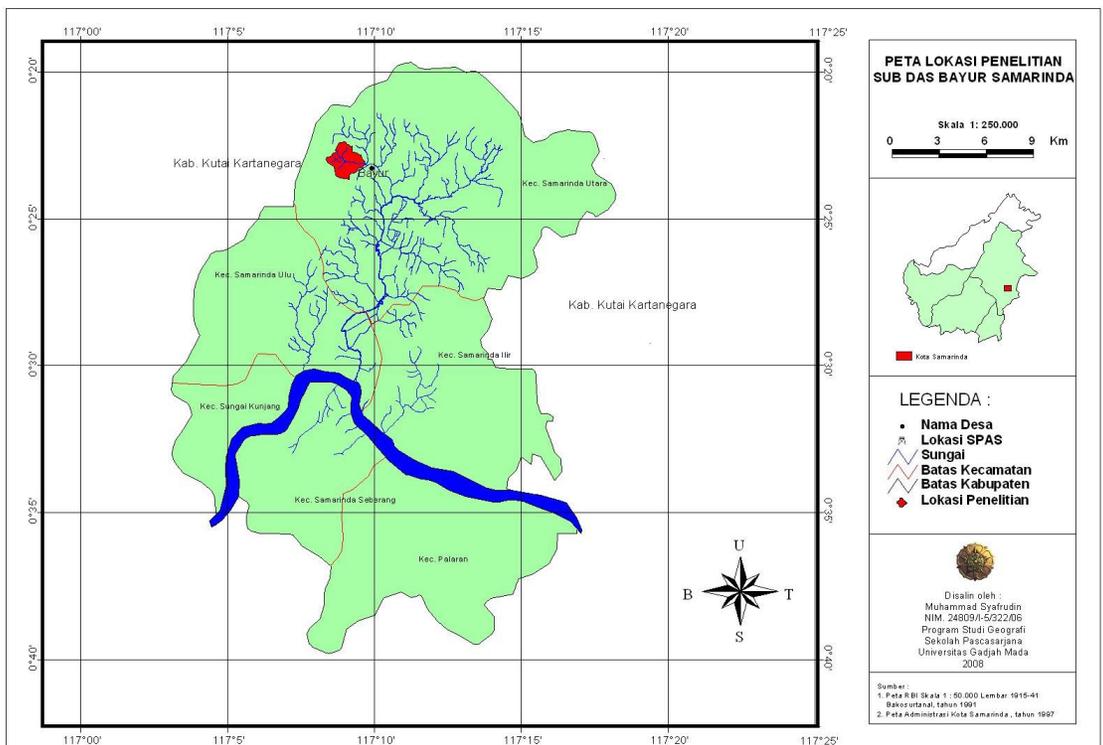
Pada taraf signifikansi 5 %, ditetapkan H_0 diterima jika F_{hitung} lebih kecil F_{tabel} atau dengan kata lain ketiga set data debit hidrograf aliran model tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Sedangkan H_0 ditolak atau dengan kata lain menerima hipotesis alternatif (H_1) jika F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} . Jika H_1 diterima berarti terdapat perbedaan yang signifikan dari ketiga hidrograf aliran tersebut.

Dari hasil analisis dengan menggunakan SPSS diperoleh hasil F_{hitung} sebesar 4,026 Pada F_{tabel} untuk $\alpha = 0,05$ diperoleh $F_{tabel} = 2,6$ Sehingga dapat dinyatakan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau berarti H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif. Dengan demikian dapat ditetapkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara ke tiga hidrograf aliran tersebut. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Penyimpangan yang cukup signifikan dari kedua hidrograf aliran hasil hidrograf satuan sintetik tersebut menunjukkan bahwa

kedua model hidrograf satuan sintetik yang digunakan memiliki kelemahan-kelemahan dan kekurangan. Kelemahan dan kekurangan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya menyebabkan hasil yang ditunjukkan hidrograf satuan sintetik menunjukkan perbedaan yang cukup nyata pada Tp, Qp dan Tb.

Walaupun model GAMA I menunjukkan hasil yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan model hidrograf satuan sintetik yang lain, hal ini belum dipandang sebagai hasil yang baik. Sehingga dalam kelanjutannya apabila model GAMA I ini hendak diterapkan untuk kepentingan lain perlu dilakukan penyempurnaan dan koreksi.



Gambar 7: Peta Lokasi Penelitian Sub DAS Bayur Samarinda

4. Penutup

Bagian akhir dari tulisan ini merupakan kesimpulan dan rekomendasi penelitian.

a. Kesimpulan

- 1) Hidrograf satuan sintetik model Snyder dan GAMA I memberikan hasil yang menyimpang cukup signifikan terhadap hidrograf satuan utama. Penyimpangan ini ditunjukkan pada tiga parameter hidrograf satuan meliputi waktu puncak (T_p), debit puncak (Q_p) dan waktu dasar (T_b). Penyimpangan yang terjadi pada hidrograf satuan sintetik Snyder sebesar 20 % untuk waktu puncak (T_p), 84,94 % untuk debit puncak (Q_p) dan 28,57 % untuk waktu dasar (T_b), sedangkan GAMA I terjadi penyimpangan sebesar 25 % untuk waktu puncak (T_p), 16,65 % untuk debit puncak (Q_p) dan 14,28 % untuk waktu dasar (T_b).
- 2) Hasil pemanfaatan hidrograf satuan sintetik untuk menyusun hidrograf aliran, memberikan hasil yang menyimpang terhadap hidrograf aliran utama. Penyimpangan ini ditunjukkan pada debit aliran tiap jam. Secara berurutan rata-rata persentase penyimpangan terjadi pada model Snyder dengan nilai penyimpangan 78,712 % dan penyimpangan berikutnya pada model GAMA I dengan rata-rata penyimpangan 78,34 %.
- 3) Hasil analisis tiga parameter hidrograf satuan (T_p , Q_p , T_b) dan analisis debit hidrograf aliran dari setiap model hidrograf satuan sintetik, semuanya menunjukkan hasil bahwa hidrograf satuan sintetik model GAMA I menghasilkan persentase penyimpangan yang lebih kecil terhadap hidrograf satuan utama dan hidrograf aliaran utamanya.
- 4) Berdasarkan analisis grafis dan analisis statistik, model GAMA I memiliki kecenderungan menghasilkan hidrograf satuan sintetik dan hidrograf aliran yang lebih mendekati terhadap hidrograf satuan utama.

b. Rekomendasi

- 1) Perlu dilakukan kajian lebih mendalam lagi terhadap berbagai model hidrograf satuan sintetik mengingat besarnya nilai penyimpangan yang dihasilkan model-model hidrograf satuan sintetik tersebut terhadap hidrograf alaminya.
- 2) Perlunya dilakukan koreksi terhadap model-model hidrograf satuan sintetik agar dapat memberikan hasil yang mendekati hidrograf alaminya. Hal ini agar dalam pemanfaatan hidrograf satuan sintetik untuk berbagai keperluan dapat memberikan hasil yang tepat.

Daftar Pustaka

- Asdak, C., 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Baron, B.C., 1980, *Hydrological Relationships between Small and Large Catchment*, Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Chow, V.T., 1964, *Handbook of Applied Hydrology a Compendium of Water-Resources Technology*, Mc. Grow-Hill Book Company, New York.
- Darmakusuma, Suyono, Sudarmadji, 1982, Estimasi Hidrograf Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Sungai Urip Kecamatan Kemiri Kabupaten Purworejo, *Laporan*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- DPU. 1980, *Cara Menghitung Design Flood*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1983, *Analisa Hidrograf*. Direktorat Penyelidikan Masalah Air. Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Griend, Van de., 1979, *Modelling Catchment Response & Runoff Analysis*, Institute of Earth Sciences-Free University, Amsterdam.
- Murtiono, U.H., 1997, Analisa Hubungan Sifat Hujan dengan Aliran Langsung DAS Tapan dan Goseng Karanganyar Jawa Tengah, *Tesis*, Program Pascasarjana UGM. Yogyakarta.
- Schulz, E.F., 1976, *Problems in Applied Hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins Colorado, USA.
- Seyhan E., 1977, *Fundamentals Hydrology*, Geografish Institute de Rijke Universitied, Netherland.
- Sri Harto, 1985, Pengkajian Sifat Dasar Hidrograf Satuan Sungai-sungai di Pulau Jawa untuk Perkiraan Banjir, *Disertasi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- , 1993, *Analisa Hidrologi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Subarkah, I., 1980, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Sumarto, C.D., 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Suprayogi, S., 1991, Kajian Model Hujan – Aliran Permukaan Sub DAS Cibarengkok Citanduy Jawa Barat, *Tesis*, Fakultas Pascasarjana IPB, Bogor

- Suroso, 2005, Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Debit Aliran pada Daerah Aliran Sungai Garang, *Tesis*, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Suyono, 1986, Analisa Hidrograf Sungai Cimanuk Bagian Atas Leuwigong Kabupaten Garut Jawa Barat, *Tesis*, Fakultas Pascasarjana IPB, Bogor.
- , 1999, *Kekritisian Daerah Aliran Sungai*, Materi Pelatihan Inventarisasi dan Evaluasi Sumberdaya Air, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Suyono, S & Takeda, 1976, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ward, R.C. 1974, *Principles of Hydrology*. Bekshire-England: McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Wilson, E.M., 1993, *Hidrologi Teknik*, Penerbit ITB, Bandung.

