

Chi-  
eeds  
En-  
B. p.  
(Ed),  
New

# ANALISIS HIDROGRAF BERDASARKAN PENYEDERHANAAN DAS SEBAGAI TANGKI AIR

Oleh :  
**Darmadi\***

## I. Pendahuluan

Berbagai model telah dikembangkan untuk mewujudkan hubungan sebab akibat antara hujan yang masuk ke dalam DAS dan debit aliran sungai yang keluar dari DAS. Model-model tersebut dikembangkan sesuai dengan tujuan pembuatan model dan kemungkinan tersedianya data (Viessman, dkk., 1977).

Apabila diperhatikan keadaan DAS di Indonesia nampak bahwa pada beberapa DAS seringkali dijumpai kurang atau tidak tersedia stasiun pengukur debit, atau apabila tersedia hanya terbatas pada DAS yang dianggap penting. Dari rekaman data pengukur debit yang tersedia seringkali dijumpai adanya data hilang yang antara lain disebabkan karena kerusakan alat. Data hilang untuk satu kurun waktu tertentu akan sangat menghambat pekerjaan pengelolaan DAS secara keseluruhan.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk membuat model yang dapat menerangkan hubungan antara hujan yang masuk ke dalam DAS dengan debit aliran sungai yang keluar dari DAS, yang diharapkan dapat dipakai untuk menduga data pengukuran debit aliran sungai apabila tersedia data masukan hujan.

---

\*)Tenaga pengajar Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

## II. Dasar Pemikiran

Bagan dasar pemikiran analisis hidrograf berdasarkan penyederhanaan DAS sebagai tangki air, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

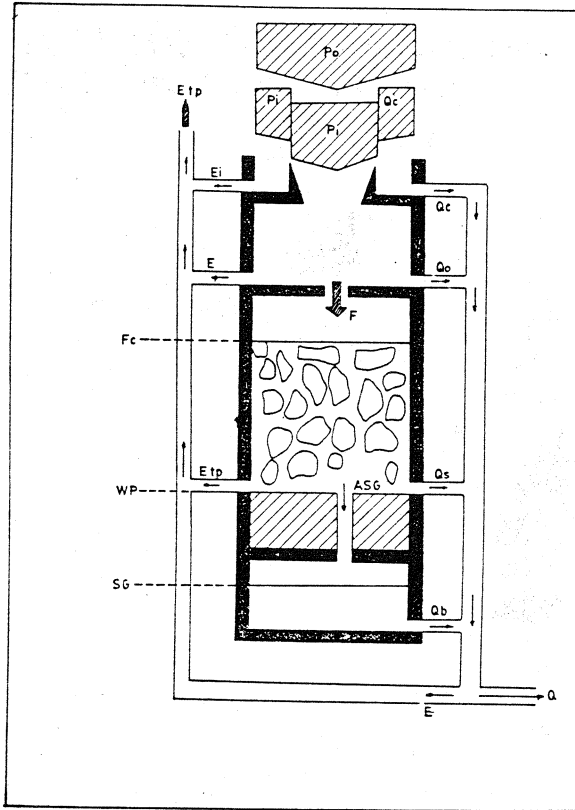
Dasar pemikiran penelitian ini diilhami dari model yang dikembangkan oleh Dawdy dan O'Donnel, dan telah diuji keabsahannya oleh Achlil (Achliil, 1981).

Mempertimbangkan watak DAS, kejadian hujan yang khas di iklim tropik dan terbatasnya data hujan dari pengukur hujan otomatis di Indonesia, maka penelitian analisis hidrograf berdasarkan penyederhanaan DAS sebagai tangki air ini dikembangkan tersendiri, yang diharapkan lebih sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia.

## III. Proses Hidrologik Model

Memperhatikan Gambar 1 di atas nampak bahwa besarnya hujan yang masuk ke dalam DAS ( $P_a$ ), dapat disederhanakan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu (i) langsung jatuh di atas permukaan sungai ( $Q_d$ ), (ii) langsung jatuh di tajuk-tajuk daun ( $P_s$ ), dan (iii) langsung sampai ke permukaan tanah ( $P_t$ ).

Nilai besarnya hujan yang langsung jatuh di permukaan sungai dihitung dengan rumus :



Gambar 1. Bagan pemikiran analisis hidrograf berdasarkan penyederhanaan DAS sebagai tangki air

**Keterangan Gambar 1**

- $P_a$  = Hujan rata-rata DAS
- $P_i$  = Hujan rata-rata DAS yang tertahan di tajuk daun
- $P_l$  = Hujan rata-rata DAS yang sampai ke permukaan tanah
- $Q_c$  = Hujan rata-rata DAS yang langsung jatuh di atas sungai
- $E_i$  = Intersepsi
- $E$  = Evaporasi
- $Q_o$  = Aliran permukaan

- $F$  = Kapasitas infiltrasi tanah
- $F_c$  = Kandungan air tanah pada titik kapasitas lapang
- $WP$  = Kandungan air tanah pada titik layu permanen
- $E_{tp}$  = Evapotranspirasi potensial
- $ASG$  = Tambahan air bumi
- $SG$  = Simpanan air bumi
- $Q_s$  = Aliran bawah permukaan
- $Q_b$  = Aliran air dasar
- $Q$  = Aliran air sungai total

$$Q_c = k_c.P_a \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

$Q_c$  = Hujan yang langsung jatuh di sungai

$k_c$  = Tetapan sungai

$P_a$  = Hujan rata-rata DAS

Nilai besarnya hujan yang langsung jatuh di tajuk-tajuk daun dan besarnya intersepsi yang terjadi dihitung dengan rumus:

$$P_i = P_a - Q_c \dots\dots\dots (2)$$

$$k_i.P_i \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

$P_i$  = Hujan yang langsung jatuh di tajuk-tajuk daun

$E_i$  = Intersepsi

$k_i$  = Tetapan intersepsi

Nilai besarnya hujan yang langsung jatuh di atas permukaan tanah dihitung dengan rumus :

$$P_1 = P_a = E_i - Q_c \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

$P_1$  = Hujan yang langsung jatuh di atas permukaan tanah.

Hujan yang sampai ke permukaan tanah disederhanakan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Air tersebut nantinya sebagian akan keluar kembali ke atas permukaan tanah dan bergabung dengan aliran air sungai sebagai aliran bawah permukaan tanah ( $Q_u$ ), dan aliran dasar ( $Q_b$ ) yang juga bergabung dengan aliran air sungai.
2. Mengalir langsung sebagai aliran permukaan tanah ( $Q_o$ ) dan bergabung dengan aliran air sungai.

3. Kembali ke udara melalui proses evaporasi.

Nilai-nilai aliran permukaan tanah, aliran bawah permukaan dan aliran dasar dihitung berdasarkan nilai-nilai kandungan air tanah sebelum hujan, pada saat hujan dan setelah hujan.

Apabila pada saat hujan turun dijumpai kasus-kasus kejadian sebagai berikut, yaitu :

- a. Apabila nilai kandungan air tanah sebelum hujan ( $SM_1$ ) lebih besar dari kandungan air tanah pada titik jenuh (SAT), atau  $SM_1 > SAT$ , maka hujan yang jatuh di atas permukaan tanah ditentukan sebagai aliran permukaan.

Besarnya aliran permukaan dan kandungan air tanah pada saat terjadi hujan ( $SM_2$ ) dihitung dengan rumus :

$$Q_o = k_o.(P_1 + SM_1 - SAT) \dots\dots (5)$$

$$SM_2 = SAT \dots\dots\dots (6)$$

- b. Apabila nilai kandungan air tanah sebelum hujan ( $SM_1$ ) lebih kecil dari kandungan air tanah pada titik jenuh (SAT), atau  $SM_1 < SAT$ , maka besarnya aliran permukaan dan kandungan air tanah pada saat terjadi hujan ( $SM_2$ ) dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Apabila hujan yang sampai ke permukaan tanah ( $P_1$ ) lebih besar dari kapasitas infiltrasi tanah (F), atau  $P_1 > F$ , maka ditentukan :

$$Q_o = k_o.(P_1 - F) \dots\dots\dots (7)$$

$$SM_2 = SM_1 + F \dots\dots\dots (8)$$

2. Apabila hujan yang sampai ke permukaan tanah ( $P_1$ ) lebih kecil dari kapasitas infiltrasi tanah F atau  $P_1 < F$ , maka ditentukan :

$$Q_o = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$SM_2 = SM_1 + P_1 \dots\dots\dots (10)$$

titik  
layu

c. Apabila nilai kandungan air tanah pada saat terjadi hujan ( $SM_2$ ) lebih kecil dari nilai kandungan air tanah pada titik layu permanen (WP), atau  $SM_2 < WP$ , maka besarnya nilai-nilai aliran bawah permukaan ( $Q_s$ ), tambahan air bumi (ASG), dan kandungan air tanah setelah terjadi hujan ( $SM_3$ ) ditentukan sebagai berikut:

$$Q_s = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$ASG = 0 \dots\dots\dots (12)$$

$$SM_3 = SM_2 \dots\dots\dots (13)$$

d. Apabila nilai kandungan air tanah pada saat terjadi hujan ( $SM_2$ ) lebih besar dari nilai kandungan air tanah pada titik layu permanen (WP), atau  $SM_2 > WP$ , maka besarnya nilai-nilai aliran bawah permukaan ( $Q_s$ ), tambahan air bumi (ASG), dan kandungan air tanah setelah terjadi hujan ( $SM_3$ ) ditentukan sebagai berikut :

1. Apabila kandungan air tanah pada saat hujan ( $SM_2$ ) lebih besar dari kandungan air tanah pada titik kapasitas lapang (FC), atau  $SM_2 > FC$ , maka ditentukan :

$$Q_s = ks.(SM_2 - FC) \dots\dots (14)$$

$$ASG = kg.(SM_2 - FC) \dots\dots (15)$$

$$SM_3 = SM_s - Q_s - ASG - Et_p \dots\dots\dots (16)$$

2. Apabila kandungan air tanah pada saat hujan ( $SM_2$ ) lebih kecil dari kandungan air tanah pada titik kapasitas lapang (FC), atau  $SM_2 < FC$ , maka ditentukan :

$$Q_s = 0 \dots\dots\dots (17)$$

$$ASG = 0 \dots\dots\dots (18)$$

$$SM_3 = SM_2 - Et_p \dots\dots\dots (19)$$

dengan :

ks = Tetapan aliran bawah permukaan

kg = Tetapan aliran air bumi

$Et_p$  = Evapotranspirasi potensial

Nilai-nilai simpanan air bumi (SG), aliran dasar ( $Q_b$ ) dan debit aliran sungai total di titik pengukur debit (Q) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$SG_1 = SG_0 + ASG \dots\dots\dots (20)$$

$$Qb_1 = Qb_0 + kb.SG_1 \dots\dots\dots (21)$$

$$Q = Q_c + Q_o + Q_s + Qb_1 \dots\dots (22)$$

dengan :

$SG_1$  = Simpanan air bumi setelah turun hujan

$SG_0$  = Simpanan air bumi awal

$Qb_1$  = Aliran dasar setelah turun hujan

$Qb_0$  = Aliran dasar awal

kb = Tetapan aliran dasar

Penyajian lebih jelas proses hidrologik model analisis hidrograf berdasarkan penyederhanaan DAS sebagai tangki air ditunjukkan pada Gambar 2.

#### IV. Asumsi yang Dibuat

Dalam penelitian ini dibuat beberapa asumsi untuk membatasi keberlakuan model, yaitu :

1. Watak kawasan DAS dianggap tetap, selama analisis model berlangsung
2. Hidrograf satuan sintetik yang dipakai adalah model hidrograf satuan sintetik Achliil (Achliil, 1981) :

$$q(t) = \frac{m.t^{2m-1}}{k^{2m}} \cdot \exp(- (t/k)^m) \dots\dots (23)$$

dengan :

$q(t)$  = Debit hidrograf satuan sintetik pada waktu t

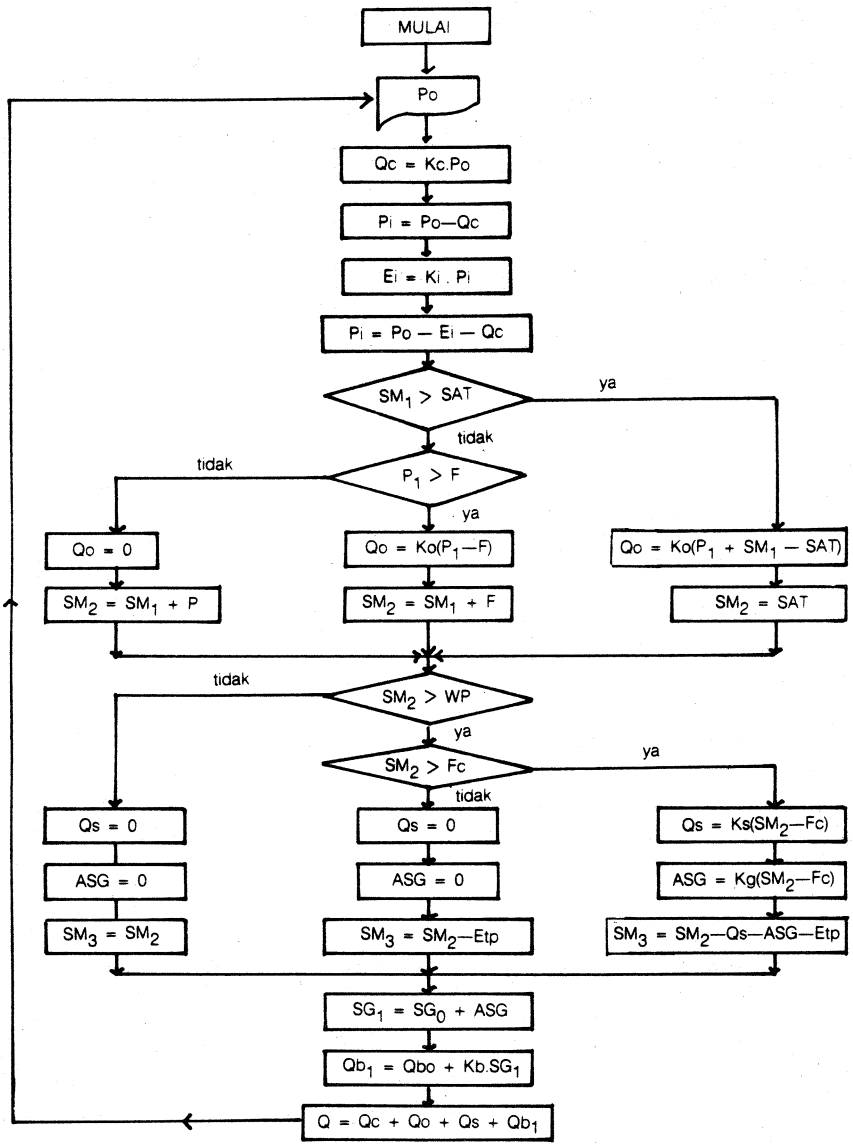
t = Waktu

k = Tetapan skala;  $k > 0$

m = Tetapan bentuk;  $m > 0,5$

3. Waktu konsentrasi dipergunakan satu hari, hal ini sesuai dengan data hujan

aliran  
di titik  
rumus  
(20)  
(21)  
(22)  
telah  
hujan  
rologik  
arkan  
ki air  
erapa  
akuan  
p, se-  
pakai  
intetik  
(23)  
ntetik



Gambar 2. Bagan alir proses hidrologik model analisis hidrograf berdasarkan penyederhanaan DAS sebagai tangki air

yang dipergunakan, yaitu data hujan harian.

4. Data historik dari debit dan hujan dianggap merupakan data yang benar dan sah.
5. Nilai aliran dasar awal dianggap tetap dan ditentukan dengan cara coba-coba.

## V. Bahan dan Cara Penelitian

Penelitian mengambil kajian kasus DAS Sampean di Jatian, yang mencakup kabupaten Bondowoso dan kabupaten Jember Jawa Timur. Luas DAS sebesar 1.231,30 km<sup>2</sup>.

Hujan harian rata-rata DAS dihitung dengan metoda poligon Thiessen, dan evapotranspirasi potensial harian dihitung dengan metoda Penman yang disempurnakan.

Hidrograf total harian dihitung berdasarkan data tinggi muka air otomatis dan persamaan liku-kalibrasi debit di stasiun pengukur debit di Jatian.

Debit prediksi model dihitung berdasarkan masukan data hujan harian rata-rata DAS, nilai tetapan model yang dikembangkan dan nilai tetapan model hidrograf satuan sintetik Achlil yang ditentukan dengan cara coba-coba.

Hidrograf prediksi model dihitung berdasarkan perkalian antara debit sungai total yang dihasilkan model (persamaan 22) dengan hidrograf satuan sintetik Achlil (persamaan 23).

Analisis dihentikan apabila sudah diperoleh kesamaan antara hidrograf terukur yang sebenarnya terjadi dengan hidrograf model.

Model dianggap benar apabila kedua kurva hidrograf yang dihasilkan sudah

merupakan deretan titik-titik yang mendekati kesamaan.

Tolok ukur uji keabsahan model didasarkan pada penampilan nilai-nilai simpangan baku (Standard Error, SE), koefisien kalibrasi (Coefficient Calibration, CB) dan im-bangan massa (Mass Balance, MB) yang terkecil, dengan rumus :

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Q_m - Q_t)^2}{n}} \dots\dots (24)$$

$$CB = \frac{SE}{\sum Q_m/n} \dots\dots (25)$$

$$MB = \left| \frac{\sum Q_m - \sum Q_t}{\sum Q_t} \right| \dots\dots (26)$$

dimana :

$Q_m$  = Debit dugaan pada waktu ke-i

$Q_t$  = Debit terukur pada waktu ke-i

## VI. Hasil Penelitian

Jumlah stasiun penakar hujan yang tersedia, yang dapat dipakai untuk mewakili hitungan hujan rata-rata DAS Sampean di Jatian terdiri dari 16 buah stasiun.

Evapotranspirasi potensial harian rata-rata dihitung berdasarkan data dari 3 stasiun klimatologi yang terletak di sekitar DAS, yaitu masing-masing di Asembagus, Jatian dan Wringinanom.

Cuplikan data hidrologi yang tersedia untuk analisis, masing-masing terdiri dari data pada tahun 1977 — 1978, 1978 — 1979, 1979 — 1980 dan 1980 — 1981.

Satuan kurun waktu yang dipakai untuk analisis adalah satu tahun air (water year), yaitu mulai dari bulan dan hari terkering pada tahun tertentu sampai pada satu tahun berikutnya.

Berdasarkan rekaman data debit, maka ditentukan bahwa bulan dan hari terkering untuk satu tahun air dimulai dari tanggal 1 Agustus sampai tanggal 31 Juli tahun berikutnya.

Penentuan nilai tetapan model yang dikembangkan, didasarkan dari hasil kalibrasi model untuk tahun pengamatan 1978 — 1979. Nilai tetapan model yang diperoleh dari hasil kalibrasi yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai tetapan model berdasarkan kalibrasi data tahun 1978 — 1979

No.	Notasi Tetapan model	Nilai
1.	kc	0
2.	ko	0.28
3.	ki	0.42
4.	ks	0.03
5.	kb	0.05
6.	kg	0.02
7.	SAT	3.36
8.	FC	3.32
9.	WP	1.92
10.	F	2.16
11.	SM <sub>1</sub>	2.28
12.	QB <sub>1</sub>	0.02
13.	SG <sub>1</sub>	0.04
14.	k	0.99
15.	m	0.68

Dengan nilai tolok ukur uji keabsahan model sebagai berikut, yaitu :

$$SE = 0.86$$

$$CB = 0.36$$

$$MB = 0.02$$

Hasil analisis debit terukur dan debit dugaan hasil model, untuk data rata-rata harian per bulan, untuk tahun 1978 — 1979 ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Debit terukur dan debit dugaan ( $m^3/det$ ) tahun 1978 — 1979, rata-rata harian untuk tiap-tiap bulan

No.	Bulan	Debit rata-rata harian ( $m^3/det$ )	
		Terukur	Dugaan
1.	Agustus	609.58	603.61
2.	September	578.37	531.07
3.	Oktober	497.82	594.44
4.	Nopember	609.38	722.70
5.	Desember	915.42	1326.18
6.	Januari	1402.85	1285.91
7.	Februari	1175.11	1048.07
8.	Maret	1135.09	966.17
9.	April	766.60	703.21
10.	Mei	784.68	730.62
11.	Juni	625.00	671.97
12.	Juli	420.91	499.58

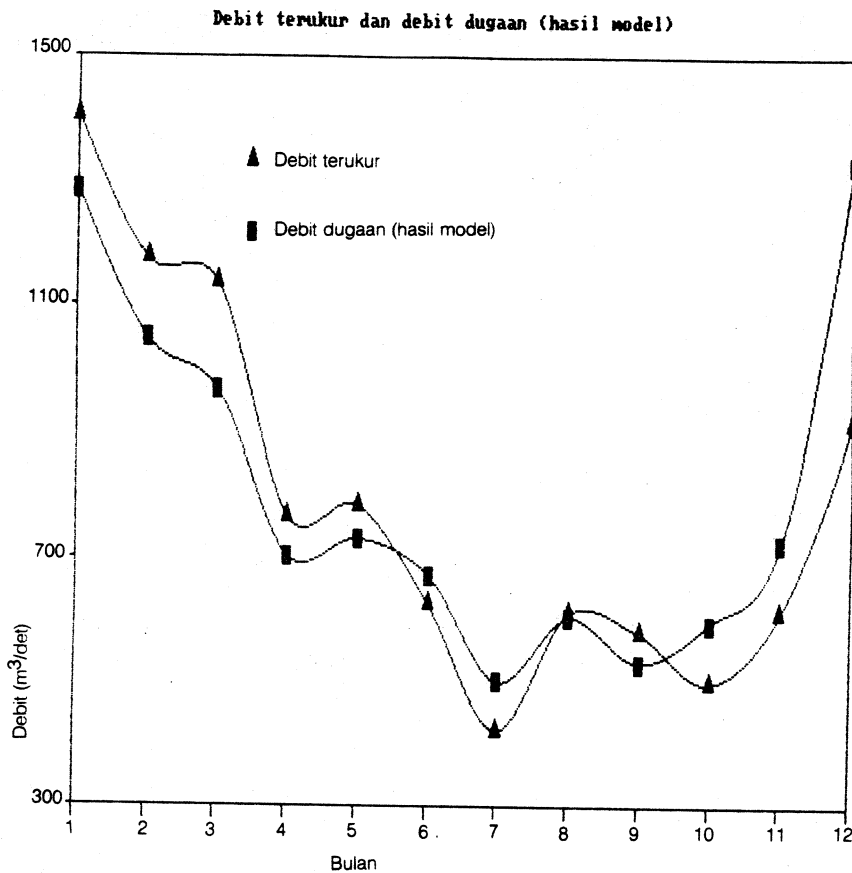
Untuk mengetahui keberlakuan model, maka dilaksanakan uji keberlakuan model untuk beberapa tahun. Dalam uji ini ditentukan masing-masing untuk tahun 1977 — 1978, 1979 — 1980, 1980 — 1981, dengan menggunakan nilai tetapan model yang diperoleh.

Nilai tolok ukur uji keabsahan model untuk masing-masing uji keberlakuan model ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai tolok ukur uji keabsahan model, pada masing-masing uji keberlakuan model

No.	Tolok Ukur	Tahun uji keberlakuan model		
		1977—1978	1979—1980	1980—1981
1.	SE	2.18	1.58	1.63
2.	CB	0.92	0.77	0.77
3.	MB	0.12	0.16	0.09

Uji keberlakuan model dimaksudkan untuk membuktikan kebenaran penggunaan



Gambar 3. Penggambaran debit terukur dan debit dugaan DAS Sampean di Jatian, tahun 1978 — 1979

model dengan setiap asumsi-asumsinya yang berlaku pada DAS Sampean di Jatian.

Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak semua periode pengamatan yang dikaji menunjukkan hasil yang memuaskan. Hal tersebut disebabkan karena :

- a. Adanya pergeseran musim hujan dan kemarau setiap tahun di DAS yang bersangkutan, pada periode pengamatan yang dikaji.

- b. Adanya perubahan-perubahan untuk luasan kawasan hutan, dan pola usaha tani di DAS, pada periode pengamatan yang dikaji.
- c. Adanya pengaruh kombinasi faktor-faktor penyusun model.

## VII. Kesimpulan

1. Dengan mengandalkan data hujan harian



(24 jam), sifat fisik tanah, morfologi DAS, perkiraan intersepsi hutan, perkiraan aliran permukaan dan aliran bawah permukaan serta aliran dasar sungai, maka model yang dikembangkan cukup memadai untuk mewujudkan hubungan timbal balik antara hujan dan debit aliran sungai pada suatu DAS dengan iklim muson tropik.

2. Kelemahan model yang dikembangkan adalah bahwa model tersebut hanya berlaku untuk DAS dengan satu isokhron. Apabila dalam DAS tersebut mempunyai isokhron lebih dari satu, maka model harus disempurnakan dengan memasukkan faktor penelusuran (routing) aliran.

### VIII. Saran

1. Apabila diperhatikan proses hidrologik model, nampak bahwa semua bentuk hubungan antar faktor adalah linier, untuk

ini perlu kiranya dilakukan penelitian baru yang mengkaji sejauhmana keberlakuan bentuk hubungan yang ditetapkan tersebut.

2. Perlu penelitian baru untuk mengetahui perilaku penampilan hasil model terhadap perubahan nilai parameternya, terutama parameter-parameter yang diduga mempunyai pengaruh yang dominan terhadap hasil model.

### Daftar Pustaka

- Achlil, Kadaroesman, 1981. An Approach to Defined Rate Distribution in Watershed Hydrologic Modelling, Tesis Master of Sciences, Utah State University, Logan, USA.
- Viessman, W., J.W. Knapp, G.L. Lewis, dan T.E. Harbaugh, 1977. Introduction to Hydrology, Harper & Row Publisher, New York.

untuk  
usaha  
natan

aktor-

arian

o. 2