

**APLIKASI MODEL HIDROLOGI MOCK UNTUK MEMPREDIKSI  
KETERSEDIAAN AIR SETENGAH BULANAN  
(Studi kasus di DAS Tilong dan Benain, Timor)**

(APPLICATION OF MOCK HYDROLOGIC MODEL TO PREDICT  
THE AVAILABILITY OF HALF-MONTHLY RUNOFF)

Marten Luter Lano \*) Putu Sudira \*\*) Sahid Susanto\*\*)

**ABSTRACT**

*The research was conducted at Tilong and Benain watersheds in western of Timor island, East Nusa Tenggara. The Mock hydrologic model was applied to predict discharge of half-monthly using 15 years of hydrologic data. Four parameters of the model namely :  $A_2$  (constant of subsurface flow),  $A_3$  (constant of base flow),  $B_2$  (constant of subsurface flow recession),  $B_3$  (constant of base flow recession), were optimized using trial and error method. It was found that the optimal value of parameter for Tilong watershed were  $A_2 = 0.256$ ;  $A_3 = 0.000689$ ;  $B_2 = 0.481$  and  $B_3 = 0.251$  and for Benain watershed were  $A_2 = 0.125$ ;  $A_3 = 0.000375$ ;  $B_2 = 0.357$  and  $B_3 = 0.578$ .*

*Keywords : Hydrologic model , water availability, subsurface flow, base flow, subsurface flow recession , base flow recession. slope.*

**PENDAHULUAN**

Adanya peningkatan kebutuhan air, baik untuk irigasi, industri maupun kebutuhan rumah tangga, menyebabkan berkembang pula perencanaan pengelolaan sumberdaya air sebuah DAS dengan penerapan model hidrologi. Banyak model hidrologi yang sudah dikembangkan dan diterapkan di Indonesia seperti Haan (1972), Sudira (1989), Sahid, S (1991), Model ANSWERS oleh Beasley (1981), dan lainnya. Namun untuk daerah Nusa Tenggara Timur yang relatif miskin akan hujan dicoba untuk mengaplikasikan model Mock pada dua buah DAS yang mempunyai luas yang sangat berbeda. Model Mock tersebut sudah banyak diterapkan di Indonesia untuk memperkirakan debit aliran, terutama untuk interval waktu yang cukup panjang (Nurrochmad, dkk., 1998).

Penggunaan dan penerapan model hidrologi belum banyak dilakukan untuk DAS di Nusa Tenggara Timur, oleh karena itu pada penelitian ini dicoba mengaplikasikan model ketersediaan air di DAS menggunakan neraca keseimbangan air dengan teori yang dikembangkan oleh Mock dengan tujuan: (a) memprediksi ketersediaan air setengah bulanan, di DAS Tilong dan Benain, Timor, dan (b) menentukan tingkat validitas model pada dua buah DAS yang luasnya berbeda.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Masukan utama pada model Mock berupa curah hujan setengah bulanan, data evapotranspirasi dan parameter terkait. Sedangkan keluaran model berupa debit aliran. Struktur model dapat diuraikan sebagai berikut (Mock, 1973):

**Intersepsi.**

Perhitungan intersepsi didekati dengan rumus berikut :

$$ICDs = (Y_1 + Y_2) / 2 \quad (1)$$

$$Y_1 = e^{0.48} (\text{hujan})^{0.85} * (797)^{-0.12} \quad (2)$$

$$Y_2 = e^{0.48} (\text{hujan})^{0.85} * (424)^{-0.12} \quad (3)$$

Nilai intersepsi untuk suatu wilayah DAS, diformulasikan sebagai berikut :

$$AIC = RPL * ICDs \quad (4)$$

dimana :

ICDs : Intersepsi dasar (mm).

AIC : Intersepsi pada DAS yang ditinjau (mm).

$Y_1$  : Batas bawah intersepsi dasar harian (mm).

$Y_2$  : Batas atas kapasitas intersepsi dasar harian (mm).

RPL : Koefisien intersepsi wilayah DAS.

**Evapotranspirasi.**

Untuk menghitung evapotranspirasi dipilih metode Penman -Monteith (Smith, 1993).

Bila  $HoTA_1 \geq 0$ , maka:  $ET_1 = ET$  (ET Penman)

Bila  $HoTA_1 \leq 0$ , maka

$$ET_2 = \frac{ET * (SC_2 - HoTA_2)}{SC_2} \quad (5)$$

Dimana :

$HoTA_1$  : Tinggi tampungan awal di tangki I.

$HoTA_2$  : Tinggi tampungan awal ditangki II.

\*) Fakultas Pertanian Univ. Kristen Artha Wacana (UKAW), Kupang, NTT

\*\*) Fakultas Teknologi Pertanian Univ. Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta

- ET<sub>1</sub> : Evapotranspirasi harian rerata pada zone/lapis atas.
- ET<sub>2</sub> : Evapotranspirasi harian rerata pada zone/lapis bawah.
- SC<sub>2</sub> : Kapasitas jenuh lapisan atas.

### Hujan Permukaan.

Besarnya hujan permukaan dihitung dengan persamaan :

$$SFRF = RF - AIC \quad (6)$$

dimana :

SFRF: Hujan yang mengenai permukaan.

RF : Hujan yang terjadi pada DAS.

### Aliran Permukaan.

Untuk menghitung nilai limpasan digunakan konsep pendekatan Kohler dan Richard, dalam Mock (1973) dengan metode *book keeping*.

Jika HoT<sub>1</sub> > Absa (abstraksi awal) maka :

$$SRO = \frac{(HoT_1 - Absa)^2}{SFRF + 0,8 * S} \quad (7)$$

$$HoT_1 = HoTA_1 + SFRF \quad (8)$$

Air yang masih tersisa ditangki I (ZHoTA<sub>1</sub>) merupakan tinggi tampungan awal di tangki I untuk hari berikutnya, dengan persamaan :

$$ZHoTA_1 = HoT_1 - SRO - Absa \quad (9)$$

Sehingga :

$$HoTA_1 = ZHoTA_1 \quad (10)$$

### Infiltrasi.

Besarnya infiltrasi didasarkan pada persamaan neraca keseimbangan air pada tangki I.

$$INF = HoT_1 - Absa - SRO \quad (11)$$

### Aliran Antara.

Nilai aliran antara (SSRO) dihitung dengan persamaan :

Jika KL<sub>2</sub> < HoT<sub>2</sub> ≤ SC<sub>2</sub>, maka :

$$SSRO = A_2 \times (HoT_2 - KL_2)^{B_2} \quad (12)$$

Jika HoT<sub>2</sub> > SC<sub>2</sub>, maka :

$$SSRO = A_2 \times (HoT_2 - KL_2)^{B_2} + (HoT_2 - SC_2) \quad (13)$$

Dimana :

$$HoT_2 = HoTA_2 + INF - ET_1 \quad (14)$$

Air yang tersisa di tangki II, merupakan tinggi awal tampungan di tangki II untuk hari berikutnya :

$$ZHoTA_2 = HoT_2 - INF - PRC \quad (15)$$

$$HoTA_2 = ZHoTA_2 \quad (16)$$

Dimana :

SSRO : Limpasan aliran antara (mm).

HoT<sub>2</sub> : Tinggi tampungan di tangki II (mm).

HoTA<sub>2</sub> : Tinggi tampungan awal di tangki II (mm).

KL<sub>2</sub> : Kapasitas lapang pada tangki II (mm).

A<sub>2</sub> : Konstanta aliran antara.

B<sub>2</sub> : Konstanta rosotan aliran antara.

ZHoTA<sub>2</sub> : Sisa tampungan pada tangki II (mm).

### Perkolasi.

Sujono (1989), mengekspresikan persamaan untuk perkolasi sebagai berikut :

Jika, HoT<sub>2</sub> > KL<sub>2</sub>, maka :

$$PRC = SHC \times \frac{(HoT_2 - KL_2)}{(SC_2 - KL_2)^{3,3}} \quad (17)$$

Dimana :

PRC : Laju perkolasi (mm/hari).

KL<sub>2</sub> : Kapasitas lapang lapisan atas (tangki II) (mm).

HoT<sub>2</sub> : Tinggi air di tangki II (mm).

SC<sub>2</sub> : Kapasitas jenuh tangki II (mm).

SHC : Konduktivitas hidrolik dalam keadaan jenuh (mm/hari).

### Aliran Dasar.

Perhitungan aliran dasar (BF) dari aliran tidak aktif, dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$BF = A_3 \times (HoT_3)^{B_3} \quad (18)$$

$$NAGW = HoT_3 \times KNAGW \quad (19)$$

Dimana :

$$HoT_3 = HoTA_3 + PRC - ET_2 \quad (20)$$

Jika HoT<sub>1</sub> ≤ 0, maka

$$ET_2 = ET \times \frac{(SC_2 - HoTA_2)}{SC_2} \quad (21)$$

Air yang masih tersisa di tangki III, merupakan tinggi tampungan awal ditangki III untuk berikutnya.

$$ZHoTA_3 = HoT_3 - BF - NAGW \quad (22)$$

$$HoTA_3 = ZHoTA_3 \quad (23)$$

Dimana :

BF : Aliran dasar (mm).

HoTA<sub>3</sub> : Tinggi tampungan awal ditangki III (mm).

HoT<sub>3</sub> : Tinggi air ditangki III (mm).

KNAGW : Konstanta air tanah tidak aktif.

NAGW : Tampungan air tanah tidak aktif (mm).

A<sub>3</sub> : Konstanta aliran dasar (air tanah).

B<sub>3</sub> : Konstanta rosotan aliran dasar.

## Limpasan Total.

Limpasan total yang menggambarkan aliran di sungai, merupakan penjumlahan limpasan langsung dan aliran dasar.

$$Q = (SRO + SSRO + BF) \times \text{Luas DAS} \quad (24)$$

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di DAS Tilong (36,47 km<sup>2</sup>) dan DAS Benain (3158 km<sup>2</sup>), Timor, Nusa Tenggara Timur. Data yang dipergunakan untuk analisis adalah data harian selama 15 tahun dari debit aliran, hujan, data klimatologi, meliputi : kecepatan angin, kelembaban udara, suhu udara dan lama penyinaran matahari. Selain itu diperlukan pula data topografi wilayah,serta data tata guna lahan.

Untuk menganalisis data agar diperoleh parameter yang optimal dari model Mock dipergunakan program Powersim, sedangkan perhitungan statistik dan grafis dipergunakan untuk menguji keabsahan model (Haan, dkk., 1995; Sudira, P. 1999). Ukuran statistik yang dipergunakan adalah koefisien korelasi (CCr), kesalahan relatif (RE), imbang massa (MB), dan uji T (T-test). Batas ketelitian yang dipergunakan untuk RE dan MB adalah signifikansi 10 %, sedangkan uji CCr dan T-test dipergunakan signifikansi CCr dan T-test dalam tabel.

Parameter model yang ditentukan dalam model ini berjumlah 4 buah, yaitu : A<sub>2</sub> (konstanta aliran antara), A<sub>3</sub> (konstanta aliran dasar), B<sub>2</sub> (konstanta rosotan aliran antara) dan B<sub>3</sub> (konstanta rosotan aliran dasar).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kalibrasi Model.

Nilai konstanta model dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas serta data tata guna lahan yang tersedia seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai konstanta hasil perhitungan dari data tata guna lahan.

Nama DAS	Konstanta			
	N	RPL	Absa	S
Tilong	76	0,345	16,042	80,211
Benain	81	0.265	11.916	59,580

Kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan data periode tahun 1980-1989 (10 tahun). Tolok ukur keberlakuan model dilakukan dengan menguji parameter optimal dengan menggunakan data masukan tahun yang berbeda (1990-1994) (5 tahun). Nilai optimal parameter

model hasil kalibrasi dan tolok ukur keberlakuannya disajikan pada Tabel 2. dan 3.

Tabel 2. Nilai optimal parameter model.

No.	Nama DAS	Parameter Model			
		A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
1	Tilong	0,256	0,000689	0,481	0,251
2	Benain	0,125	0,000375	0,357	0,578

Tabel 3. Rerata debit setengah bulanan terukur dan prediksi dan nilai tolok ukur keberlakuan model.

No.	Nama DAS	Rerata debit setengah bulanan (m <sup>3</sup> /det)		Tolok ukur keberlakuan model			
		Terukur	Prediksi	CCr	RE	MB	Thit
1	Tilong	0,7448	0,6234	0,957	0,679	0,195	2,262
2	Benain	60,170	48,4916	0,981	1,004	0,241	3,343

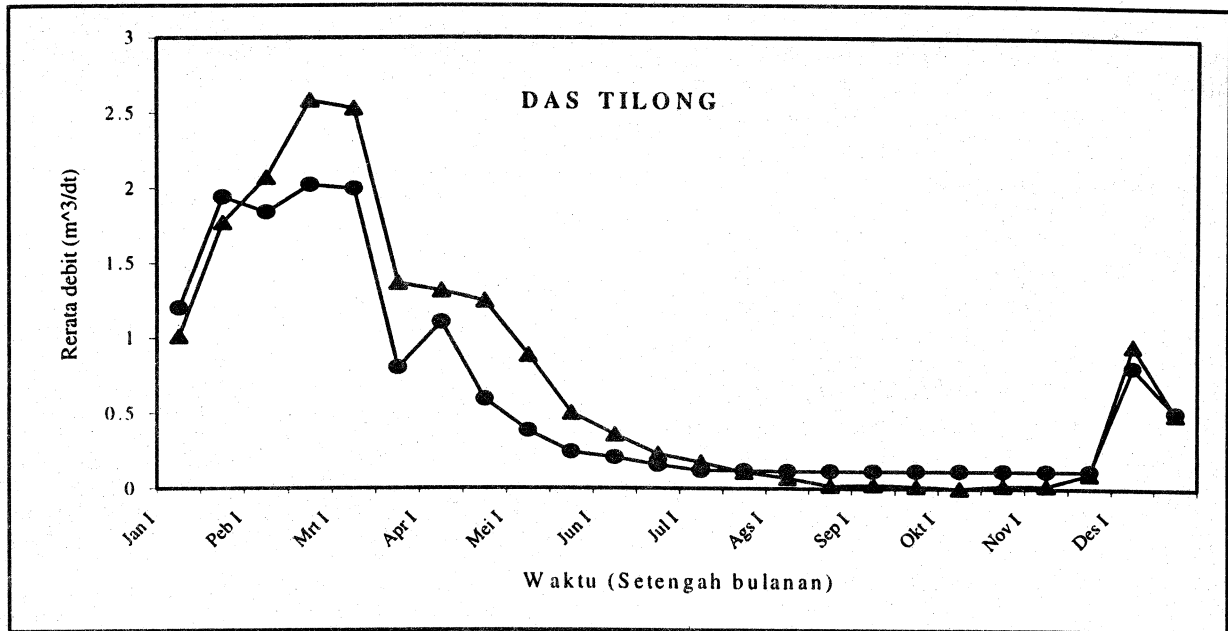
Keterangan : - CCr : Koefisien korelasi  
- RE : Kesalahan relatif (%)

- MB : Imbang massa  
- Thit : T-test hitung

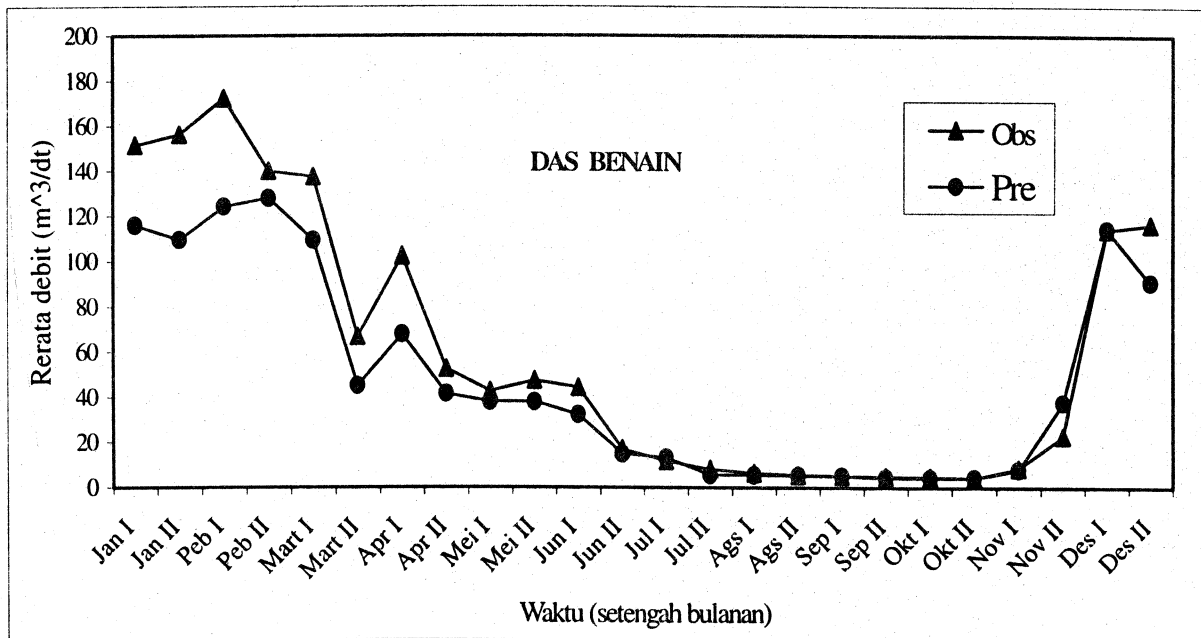
Hasil verifikasi model menunjukkan adanya kedekatan nilai debit terukur (Qobs) dengan debit prediksi (Qpre), yang ditunjukkan dengan nilai-nilai tolok ukur keberlakuan model, seperti tersaji pada Tabel 3. Dari nilai CCr, dapat diketahui terjadi hubungan linear positif antara Qobs dan Qpre, baik pada DAS Tilong (0,957) maupun pada DAS Benain (0,981). Nilai ini secara statistik signifikan karena nilainya lebih besar daripada nilai CCr tabel (0,515). Nilai kesalahan relatif (RE) yang ditunjukkan pada Tabel 3. cukup kecil yaitu sebesar 0,679 % untuk DAS Tilong dan 1,004 % untuk DAS Benain. Nilai imbang massa (MB) yang ditunjukkan juga kecil yaitu sebesar 0,195 untuk DAS Tilong dan 0,241 untuk DAS Benain. Nilai yang kecil menunjukkan kedekatan anatra keluaran model (Qpre) dan debit terukur (Qobs).

Hasil uji T-test nilai berpasangan menunjukkan validitas model Mock pada ke dua DAS yang dianalisis dengan nilai T-hitung (T-hit) lebih kecil dari nilai T-tabel (3,375), namun penerapan model di DAS Tilong menunjukkan validitas yang lebih tinggi.

Selain ukuran statistik, tolok ukur keberlakuan model didasarkan juga pada kriteria grafis. Pada Gambar 1. dan 2. disajikan diagram seri waktu untuk menunjukkan posisi Qobs dan Qpre yang berdekatan dan adanya kecenderungan yang sama dengan koefisien korelasi 0,957 untuk DAS Tilong dan 0,981 untuk DAS Benain.



Gambar 1. Grafik seri waktu rerata debit setengah bulanan terukur dan prediksi (m<sup>3</sup>/dt) hasil verifikasi tahun 1990-1994 (DAS Tilong)



Gambar 2. Grafik seri waktu rerata debit setengah bulanan terukur dan prediksi (m<sup>3</sup>/det), hasil verifikasi, tahun 1990-1994 (DAS Benain).

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa model Mock dapat dipergunakan untuk memprediksi debit aliran di DAS Tilong dan Benain, Nusa Tenggara Timur, namun hasil uji T-test menunjukkan bahwa penggunaan model Mock di DAS

Tilong lebih baik daripada di DAS Benain. Hal ini dapat dipahami karena luas DAS Tilong jauh lebih kecil dibandingkan dengan luas DAS Benain, sehingga penggunaan model *lumped* (rerata) akan memberikan penyimpangan yang kecil pada DAS Tilong karena konstanta rosotan air tanah pada DAS Tilong jauh lebih kecil dibandingkan dengan DAS Benain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Haan C.T.; Allred B., Strom D.E., Sabbagh G.J. dan Prabhu S., 1995. *Statistical Procedure For Evaluating Hydrologic/Water Quality Models*. Transactions of the ASAE, Vol 38 (3): 725-733.
- , 1972. *A Water Yield Model for Small Watersheds*. Water Res. Res. 3(1) : 58 – 69
- Beasley, D.B. dan Larry, F.H. 1981. *ANSWERS (Area Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)*. Agricultural Engineering Department, Purdue University, Indiana, USA.
- Mock, F.J., 1973. *Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal*. Report Prepared for the Land Capability Appraisal Project. Bogor Indonesia. Febr, 1973.
- Nianggolan H.T., 1992. *Ketersediaan Air Irigasi di Bendung Notog Pada DPS Kali Pemali*. Thesis S-2 Program Studi Teknik Sipil. Jurusan Ilmu-ilmu Teknik. Pascasarjana UGM Yogyakarta (tidak dipublikasikan).
- Nurrochmad, F.; Sujono, J dan Damanjaya, D. 1998. *Optimasi Parameter Model Hujan-Aliran Mock Dengan Solver*. Media Teknik No. 2. Tahun XX. Mei 1998.
- Sahid, S. dan Kaida, Y. 1991. *Tropical Hydrology Simulation Model I for Watershed Management*. J. Japan Soc. Hydrology and Water Resources. Vol. 4 (2) : 43-53
- Singh V.P., 1989. *Hydrologic Systems. Volume II. Watershed Modeling*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Smith M., 1993. *Cropwat :A Computer Program for Irrigation Planning and Management*. FAO-UN Rome.
- Sudira P., 1999. *Pemodelan dan Simulasi*. Diktat Kuliah Pascasarjana, Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Sudira, P. 1989. *Runoff Prediction Model Based on Soil Moisture Analysis*. PhD Dissertation, UPLB, Los Banos The Philippines (tidak diterbitkan).
- Sujono J., 1989. *Rainfall-Runoff Model Untuk DAS Tak Terukur*, Makalah Seminar PAU - UGM. Yogyakarta.