

MODEL HIDROLOGI PRODUKSI AIR BULANAN BAGIAN II: ANALISIS KORELASI ANTARA PARAMETER MODEL DAN KARAKTERISTIK DAS

Lukman Hidayat^{*)}, Putu Sudira^{**)}, Sahid Susanto^{**)}

ABSTRACT

An automatic parameter optimization routine was presented. Eleven small watersheds (less than 1000 square km) in Central Java were used for calibration.

A method for estimating four parameters water yield model was obtained. Equations for predicting the parameters were developed on the correlation analysis between model parameters and measurable watershed characteristics.

I. PENDAHULUAN

Berbagai model hidrologi telah dikembangkan, model-model tersebut dikembangkan sesuai dengan tujuan pembuatan model dan kemungkinan tersedianya data (Viessman, dkk., 1977).

Model hidrologi biasanya terdiri atas persamaan yang digunakan untuk menghitung keluaran berupa hidrograf limpasan dari masukan yang berupa hujan efektif. Dalam persamaan tersebut terdapat tetapan dan parameter model yang dapat menggambarkan watak suatu sumber air hidrologi (Susanto, 1991).

Sebelum model hidrologi digunakan untuk memprediksi produksi air (*water yield*), maka parameter-parameter model yang digunakan harus ditentukan terlebih dahulu. Untuk DAS yang mempunyai alat ukur debit, nilai optimal dari suatu parameter model diperoleh dengan cara menentukan nilai perbedaan jumlah kuadrat minimal antara debit terukur dan prediksi (Jarboe dan Haan, 1974). Namun, parameter tersebut tidak dapat ditentukan langsung, pada umumnya parameter model diestimasi dengan cara optimasi. Ada dua cara optimasi yang dapat digunakan, yaitu cara coba-coba (*trial error*) dan cara optimasi otomatis melalui komputer (Sudira, 1989; Susanto, 1991).

Berdasarkan hal tersebut di atas, kendala yang muncul, yaitu: pertama, untuk DAS yang tidak punya alat pengukur debit, nilai optimal parameter model sulit untuk ditentukan, dan kedua, sekalipun menggunakan bantuan komputer membutuhkan waktu yang cukup lama, biaya yang tidak sedikit, dan belum tentu mudah dipahami cara pengoperasiannya oleh teknisi hidrologi tingkat menengah.

Untuk mengatasi kendala tersebut, perlu segera dikembangkan suatu metode penentuan nilai parameter yang bersifat, sederhana, mudah penerapannya, dan cukup andal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu metode penentuan nilai parameter model hidrologi dari Haan (1972). Persamaan-persamaan yang digunakan untuk memprediksi nilai parameter tersebut dikembangkan dari analisis hubungan antara nilai optimal parameter model hasil kalibrasi dengan nilai karakteristik DAS yang diperhitungkan.

Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan masukan untuk pengelolaan DAS ukuran kecil yang tidak mempunyai alat pengukur debit pada titik keluarannya.

II. METODE PENDEKATAN

A. Nilai Optimal Parameter

Parameter model hidrologi produksi air bulanan, yaitu F_o , M_c , S_m , dan α telah dapat ditentukan nilainya, melalui proses optimasi dan kalibrasi pada 11 DAS (Bagian I).

Untuk lebih jelasnya pada Tabel 2.1. disajikan nilai optimal parameter-parameter tersebut.

B. Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)

Karakteristik DAS yang banyak dibicarakan dalam setiap pembicaraan mengenai pengelolaan DAS dan model

*) Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

***) Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

Hidrologi adalah karakter fisik DAS dengan pendekatan geomorfologi (Sukirno, 1984; Singh, 1989; Darmadi, 1990).

Tabel 2.1. Nilai optimal parameter model di 11 DAS terpilih

No.	Nama DAS	S_m (mm/hr)	M_c (mm)	α	F_o (mm/jam)
1	Duren	0.28	60	0.19	13.00
2	Tapan	0.30	56	0.19	1.80
3	Dumpul, II	0.28	56	0.20	1.90
4	Wader	0.30	61	0.18	1.96
5	Wungu	0.30	56	0.19	5.80
6	Plawatan	0.28	55	0.20	1.00
7	Goseng, I	0.30	61	0.18	0.86
8	Wuryantoro	0.30	56	0.19	5.40
9	Temon	0.30	56	0.19	16.00
10	Alang Ung.	0.30	56	0.19	28.00
11	Keduang	0.30	60	0.20	1.40

Karakteristik DAS merupakan salah satu penciri dan terkait erat dengan keluaran model (Jarboe dan Haan, 1974).

Darmadi (1990), mengemukakan bahwa parameter fisik DAS yang diukur dan diduga berpengaruh terhadap proses pembentukan hidrograf adalah: luas DAS, tingkat sungai, panjang sungai utama, kerapatan drainase, kemiringan sungai utama (rata-rata dan efektif), faktor bentuk, nisbah pemanjangan, faktor sumber dan frekuensi sumber.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, serta kelengkapan data dan ketersediaannya; karakteristik DAS dalam penelitian ini akan dicirikan oleh parameter fisik DAS dengan pendekatan geomorfologi, dan sebaran tataguna lahan.

Parameter fisik DAS yang akan diukur di antaranya yaitu: rata-rata kemiringan sungai utama, kerapatan drainase, dan faktor corak atau bentuk DAS.

Nilai karakteristik DAS yang diperhitungkan di 11 lokasi penelitian disajikan dalam Tabel 2.2.

C. Analisis Korelasi

Jarboe dan Haan (1974) melakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk menemukan suatu metode penentuan nilai parameter yang dikembangkan dari suatu analisis hubungan antara nilai parameter dengan nilai karakteristik DAS dengan pendekatan geomorfologi, geologi, dan tanah (data tanah). Kajian yang sama telah dilakukan oleh Ross (1970) dan Licu (1970) dalam (Jarboe dan Haan, 1974).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan suatu hubungan antara empat parameter model Haan (1972)

dengan nilai karakteristik DAS dalam bentuk regresi berganda; dalam hal ini, masing-masing parameter model sebagai variabel terikat (Y) dan nilai karakteristik DAS yang diperhitungkan sebagai variabel bebas (X).

Tabel 2.2. Nilai karakteristik DAS di 11 DAS lokasi penelitian

DAS	Nilai Karakteristik DAS					
	H	T	K	M	D	B
Duren	34.30	44.20	21.50	0.063	2.976	2.394
Tapan	55.20	39.20	5.0	0.122	3.592	2.928
Dumpul	0.00	58.10	41.90	0.070	2.430	5.250
Wader	40.10	45.10	14.80	0.190	2.782	2.235
Wungu	4.30	86.70	9.00	0.185	5.192	1.729
Plawatan	3.50	84.50	12.00	0.050	3.847	1.792
Goseng	4.40	79.00	16.60	0.030	2.240	6.010
Wuryantoro	11.90	70.90	17.92	0.071	1.102	2.615
Temon	13.90	59.80	26.30	0.023	1.433	2.873
Alang	5.80	73.10	21.10	0.021	0.885	1.159
Keduang	14.50	49.20	36.30	0.045	1.377	1.837

Sumber: 1. BTP DAS Solo 1990 - 1992. 2. Analisis peta (ttgl, top)

Keterangan: H = Luas Hutan, %
T = Luas lahan pertanian (sawah dan tegalan), %
K = Luas lahan lainnya (kampung/desa, semak belukar), %
M = Kemiringan sungai, m/m
D = Kerapatan drainase, km/km²
B = Faktor bentuk, m/m

Sejalan dengan hal tersebut, dalam penelitian ini juga akan dikembangkan suatu metode penentuan nilai awal parameter model hidrologi (S_m , M_c , α , dan F_o).

Metode tersebut dikembangkan dari analisis hubungan antara satu pasangan (set) masing-masing parameter optimal yang diperoleh dari hasil kalibrasi di 11 DAS lokasi penelitian (Tabel 2.1.) dengan satu set karakteristik DAS di 11 DAS lokasi penelitian (Tabel 2.2.).

Analisisnya menggunakan analisis regresi berganda. Nilai parameter model sebagai nilai/variabel yang terikat (Y), sementara karakteristik DAS yang diperhitungkan (sebaran tataguna lahan, dan parameter fisik DAS) sebagai nilai yang tidak terikat (X). Berdasarkan hal tersebut dapat disusun persamaan regresinya.

Untuk memilih persamaan terbaik dengan kriteria nilai R^2 dan hasil uji Anova dilakukan dengan cara analisis regresi bertingkat (*stepwise regression analysis*).

Persamaan umum regresi berganda, yaitu:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_p X_{pj} + e_j \quad \dots(2.1)$$

dalam hal ini,

- Y = Variabel terikat
- X = Variabel tidak terikat
- β = koefisien regresi
- j = 1,2 N (jumlah DAS yang diamati)
- p = jumlah variabel tidak terikat (X); $p < n$
- e = kesalahan (galat)

Untuk memudahkan dalam melakukan analisis, nilai masing-masing parameter dan karakteristik DAS yang diperhitungkan disusun dalam bentuk matrik sebagai berikut:

Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Y ₁	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₁	X ₅₁	X ₆₁
Y ₂	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₂	X ₅₂	X ₆₂
.
.
Y _n	X _{1n}	X _{2n}	X _{3n}	X _{4n}	X _{5n}	X _{6n}

Keterangan:

- Y = nilai parameter model
- X = nilai karakteristik DAS yang diperhitungkan
- X₁ = H, ratio luas hutan (A_h) dengan luas DAS Total (A_t)
- X₂ = T, ratio luas lahan pertanian (A_p) dengan (A_t)
- X₃ = K, ratio luas lahan lainnya (A_l) dengan (A_t)
- X₄ = M, kemiringan sungai rata-rata (m/m)
- X₅ = D, kerapatan drainase (km/km²)
- X₆ = B, faktor bentuk (km/km)

III. HASIL PENELITIAN

Rangkuman hasil penelitian analisis hubungan antara parameter model dan karakteristik DAS yang diperhitungkan, berikut nilai ujinya, disajikan dalam Tabel 3.1.

Pada Tabel 3.1. nilai R² persamaan regresi berganda yang dihasilkan berkisar 0.684 – 0.992, sementara itu, hasil uji ANOVA, yang ditujukan untuk melihat hubungan kemaknaan (*significant*) antara parameter model dan karakteristik DAS menunjukkan bahwa hubungan tersebut mempunyai kemaknaan ($F_{hit} > F_{tab}$) pada tingkat 10% untuk parameter α ; 25% untuk parameter S_m, dan M_c, serta 34% untuk F_o. Memperhatikan tingkat kemaknaan (*level of significant*) tersebut (kecuali pada parameter $\alpha = 10\%$), maka penerapan persamaan-persamaan tersebut di atas

hendaklah dilakukan secara hati-hati dengan mempertimbangkan kemiripan sifat karakteristik DAS antara DAS lokasi penelitian dengan DAS yang akan ditentukan nilai parameter hidrologinya

Tabel 3.1. Rangkuman analisis regresi berganda antara nilai parameter dengan nilai karakteristik DAS

Pmt	Persamaan Regresi	R ²	F _{hit}	F _{tab}	Keterangan
S _m	2.065 – 0.018H – 0.017T – 0.018K + 0.149M – 0.010D	0.684	2.170	1.890	nyata pada tn = 25%
α_1	0.182 + 0.005K – 0.066M + 0.004D – 0.002B	0.686	3.280	3.180	nyata pada tn = 10%
α_2	82.01 – 0.005H ² – 0.003T ² – 0.007K ² + 51.06M – 174.8M ² + 1.279D – 0.098D ² – 7.102B + 1.080D ²	0.992	14.052	9.260	nyata pada tn = 25%
M _c	168.4 – 0.211H – 0.004H ² – 3.002T + 0.021T ² + 0.090K – 0.007K ² + 122.8M ² – 0.388D ² + 0.138B ²	0.991	12.561	9.260	nyata pada tn = 25%
F _o	– 18.01 + 0.0003H + 326.32T + 7.55K + 0.348M + 3.301D + D + 21.81B	0.706	1.599	0.338 (Prob > F)	nyata pada tn = 34%

- Keterangan:** S_m = dalam bentuk linear berganda
 α_1 = dalam bentuk linear berganda
 α_2 = dalam bentuk kuadratik berganda Mod2
M_c = dalam bentuk kuadratik berganda Mod1
F_o = dalam bentuk Hiperbolik berganda
tn = tingkat nyata

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Melalui analisis hubungan antara nilai parameter model dan karakteristik DAS dalam bentuk persamaan regresi berganda, dapat ditentukan suatu metode penentuan nilai awal parameter model hidrologi.
2. Nilai R² persamaan regresi berganda yang dihasilkan berkisar 0.684 – 0.992, sementara itu, hasil uji ANOVA, menunjukkan bahwa, kemaknaan hubungan tersebut ($F_{hit} > F_{tab}$), yaitu pada tingkat 10% untuk parameter α ; 25% untuk parameter S_m, dan M_c, serta 34% untuk F_o.

B. Saran

Kajian khusus dan mendalam tentang penyederhanaan proses estimasi atau metode penentuan nilai para-

meter, yang dikembangkan dari analisis hubungan antara nilai parameter model dan karakteristik DAS perlu dilanjutkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990 – 1992. *Laporan Tahunan BTP DAS Solo*.
- , 1990 – 1992. *Data-data Klimatologi Stasiun Meteorologi Lanud Adisumarmo Solo*.
- Darmadi, 1990. *Analisis Hidrograf Satuan Berdasarkan Parameter Fisik DAS*. Disertasi S-3. Institut Pertanian Bogor, Bogor (tidak dipublikasikan).
- Haan, C.T. 1972. *A Water Yield Model for Small Watersheds*. *Water Res.Res* 3(1): 58 – 69.
- Jarboe, Joseph E. and Haan, C.T. 1974. *Calibrating a Water Yield Model for Small Ungaged Watersheds*. *Water Res.Res* 10(2): 256 – 262.
- Singh, V.P. 1989. *Hydrologyc System. Vol. II. Watersheds Modelling*. Printice Hall, Inc. New Jersey.
- Sudira, Putu. 1989. *Runoff Prediction Model Based On Soil Moisture Analysis*. Disertasi PhD, Univ. Of Philippines di Los Banos, Philippines (Unpublish).
- Sukirno. 1984. *Model Operasi Bukaan Pintu Sadap untuk Mengontrol Sedimentasi, Studi Kasus di Daerah Irigasi Dolok Kanan*. Tesis S-2 Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).
- Susanto, Sahid. 1991. *Tropical Hidrology Simulation Model-1 For Watershea Management*. Disertasi PhD. pada Kyoto University, Japan (tidak dipublikasikan).
- Viessman, W.JR., J.W. Knap., G.L. Lewis, dan T.E. Harbough. 1977. *Introduction To Hydrology*. Harper and Row, Publisher, New York.