

SELEKSI FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI DEBIT AIR PADA BEBERAPA DAS DI JAWA BARAT DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS REGRESI LINIER BERGANDA

Eleonora R., G. Irianto, I. Amien
Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat

ABSTRAK

Penggunaan analisis linier berganda untuk seleksi faktor-faktor yang mempengaruhi debit air di tiga puluh DAS/sub DAS di Jawa Barat dibahas dalam tulisan ini. Data debit rata-rata tahunan (Y) sebagai peubah tak bebas dan data faktor-faktor yang mempengaruhi debit air (X) sebagai peubah bebas dianalisis hubungannya dengan persamaan : $Y_n = \beta_1 X_{n.1} + \beta_2 X_{n.2} + \dots + \beta_p X_{n.p} + \epsilon_n$. Seleksi faktor-faktor penentu debit air sejumlah 22 peubah diperoleh 10 peubah dengan nilai korelasi > 0.8 dan 12 peubah mempunyai nilai < 0.8. Selanjutnya dilakukan rotasi dengan varimax terhadap 10 peubah terseleksi. Pada tahap ini dihasilkan enam faktor utama, yaitu : L1* yang dicirikan terutama oleh peubah X5 (wilayah curah hujan 2000 - 2500 mm), X11 (wilayah petani > 80%), X19 (tegalan), dan X20 (tanah peka erosi), L2* yang dicirikan terutama oleh X7 (wilayah hujan > 3000 mm), L3* yang dicirikan peubah X4 (koefisien bentuk), L4* yang dicirikan oleh peubah X12 (hutan lebat), dan X22 (ketinggian > 2000 mdpl), L5* dicirikan oleh peubah X3 (kerapatan sungai), dan L6* dicirikan oleh peubah X2 (kemiringan sungai). Hasil regresi antara faktor utama (Z*) dengan debit tahunan (Y) adalah $Y = -0.002 - 19.4322Z^* + 1.7925Z^* + 1.9529Z^*$, yang dalam bentuk peubah asal, sebagai berikut : $Y = 37.26 - 18.72X2 - 0.14X3 + 13.64X4 + 23.39X5 - 22.54X7 + 124.186X11 + 116.36X12 - 78.34X19 - 66.31X20 - 4.82X22$ ($r = 0.85$) dimana Y = debit tahunan rata-rata (m³/det); X2 = kemiringan sungai (%); X3 = kerapatan sungai (%); X4 = koefisien bentuk; X5 dan X7 = wilayah curah hujan 2000 - 2500 mm dan > 3000 mm (km²); X11 = wilayah petani 80 % (km²); X12 = hutan lebat (km²); X19 = tegalan (km²); X20 = tanah peka erosi (km²); dan X22 = ketinggian > 1000 mdpl (km²). Berdasarkan hubungan di atas, maka pengamatan faktor-faktor yang mempengaruhi debit air di DAS Jawa Barat dapat dikonsentrasikan terutama pada peubah hasil seleksi.

Key words : seleksi faktor, debit air, Das Jabar

PENDAHULUAN

Analisis regresi linier berganda merupakan salah satu metode untuk menghubungkan suatu peubah bebas (masukan) dengan peubah tidak bebas (keluaran) dari suatu sistem secara kuantitatif. Misalnya, hubungan antara unsur iklim dengan laju evapotranspirasi tanaman, seperti yang telah dirumuskan oleh Irianto *et al.* (1993) :

$Y = 0.016X1 + 0.0003X2 + 0.181X4 + 0.019X5 + 0.019X6 + 0.017X8 - 164.881$ ($R^2 = 0.96$),
dimana X1 adalah lama penyinaran (%), X2 adalah curah hujan (mm), X4 adalah suhu udara (°C),
X5 dan X6 adalah suhu tanah 10 Cm dan 20 Cm (°C), dan X8 adalah kecepatan angin (knots).

Bentuk umum persamaan regresi linier berganda dapat disajikan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon \dots (1)$$

dimana : Y adalah peubah tak bebas; X1, X2, ... Xp adalah peubah bebas; dan β_0 adalah titik potong (*intercept*) dengan sumbu Y; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_p$, adalah parameter yang nilainya harus diduga dan ϵ adalah galat (*error*).

Model terbaik analisis regresi berganda dapat diperoleh apabila data penelitian memenuhi beberapa syarat berikut : (a) data tersedia representatif menurut ruang dan waktu dari sistem yang diteliti, (b) antara peubah bebas tidak ada saling terkait (multikolinieritas) dalam mempengaruhi

peubah tak bebas, dan (c) semua peubah bebas mempunyai hubungan kausal yang kuat dengan peubah tak bebas (Bey, 1987).

Persoalan yang dihadapi adalah kecenderungan untuk menggunakan analisis regresi linier berganda tanpa melakukan pengujian apakah data tersebut "layak dianalisis" dengan regresi linier atau tidak. Penyimpangan yang terjadi adalah tidak dipertimbangkannya masalah saling terkait antar peubah bebas (multikolinieritas), sehingga hasil perhitungan parameter β akan berbeda jauh dari nilai sebenarnya.

Biasanya jika terjadi multikolinier, peubah bebas (X) yang saling terkait tersebut dibuang dari model dengan menggunakan "stepwise regression". Resikonya kita akan kekurangan informasi mengenai peubah yang dibuang. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengantisipasi masalah tersebut adalah "principal component analysis (PCA)". Dengan pendekatan ini, peubah bebas yang digunakan adalah (a) peubah yang tidak saling terkait dalam mempengaruhi peubah tak bebas, (b) jumlah peubah (komponen) seminimal mungkin, dan (c) dapat menerangkan sebanyak mungkin keragaman total data (Karson, 1982).

Tulisan ini mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi debit air beberapa DAS di Jawa Barat dengan menggunakan regresi linier berganda dengan pendekatan analisis komponen utama (PCA).

BAHAN DAN METODE

Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data hasil penelitian M. Ned Talkurputra mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi debit air dan kadar lumpur perairan sungai di Jawa Barat (30 sub DAS/DAS). Peubah yang diamati dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peubah yang diteliti

No.	Peubah	Satuan	Notasi
1.	Debit Rata-rata Tahunan	m^3/det	Y
2.	Luas DAS	km^2	X(1)
3.	Kemiringan Sungai	%	X(2)
4.	Kerapatan Sungai	%	X(3)
5.	Koefisien Bentuk	-	X(4)
6.	Wilayah Curah Hujan 2000 - 2500 mm	km^2	X(5)
7.	Wilayah Curah Hujan 2500 - 3000 mm	km^2	X(6)
8.	Wilayah Curah Hujan > 3000 mm	km^2	X(7)
9.	Wil. Penduduk 1500 - 2000 jiwa/ km^2	km^2	X(8)

Lanjutan Tabel 1.

No.	Peubah	Satuan	Notasi
10.	Wil. Penduduk > 2000 jiwa/km ²	km ²	X(9)
11.	Wil. Petani 60 - 80 %	km ²	X(10)
12.	Wil. Petani 80 %	km ²	X(11)
13.	Hutan Lebat	km ²	X(12)
14.	Perkebunan	km ²	X(13)
15.	Perkampungan	km ²	X(14)
16.	Lereng 15 - 40 %	km ²	X(15)
17.	Lereng > 40 %	km ²	X(16)
18.	Sawah 1 x 1 th	km ²	X(17)
19.	Sawah 2 x 1 th	km ²	X(18)
20.	Tegalan	km ²	X(19)
21.	Tanah Peka Erosi	km ²	X(20)
22.	Ketinggian 500 - 1000 mdpl	km ²	X(21)
23.	Ketinggian > 1000 mdpl	km ²	X(22)

Analisis data

Data hasil penelitian diuji apakah layak dianalisis dengan regresi linier berganda atau tidak, dan dilanjutkan dengan standarisasi peubah.

Prosedur penggunaan regresi linier berganda dengan analisis komponen utama adalah sebagai berikut :

- a. Hitung matriks faktor loading L.
- b. Hitung L* dengan mengalikan L dan I.
- c. Eliminir peubah X yang tidak memiliki korelasi yang tinggi dengan L* (dalam hal ini dipilih > 80 %).
- d. Ulangi langkah 1 dan 2, dengan peubah sisa hasil seleksi langkah c.
- e. Buat regresi Y terhadap Z*, dengan $Z^* = X R^{-1} D^{1/2} L^*$
- f. Uji Hipotesis :
 Uji-t (untuk menyeleksi peubah Z* yang layak masuk dalam persamaan hasil regresi).
 Uji-F (untuk menguji apakah persamaan hasil regresi layak digunakan).
- g. Transformasi persamaan regresi Y ($Y = f(Z^*)$) ke peubah asal X ($y = f(X)$) (Haan, 1977).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai langkah awal analisis dilakukan pengujian korelasi antar peubah bebas, untuk melihat apakah ada masalah multikolinieritas atau tidak. Tabel 2 menunjukkan bahwa beberapa peubah bebas saling memiliki hubungan yang berarti (ditandai *), sehingga dapat dikatakan data hasil pengamatan di atas mengandung masalah multikolinieritas. Oleh karena itu regresi berganda yang dilakukan perlu menggunakan pendekatan analisis komponen utama.

Tabel 2. Regresi beberapa peubah bebas X1 dengan sisa peubah bebas lain

Regresi	R ²	F-hitung
X(1).X(2-22)	0.980	882.038*
X(2).X(1) X(3-22)	0.751	0.494*
X(3).X(1-2) X(4-22)	0.793	0.647*
X(4).X(1-3) X(5-22)	0.962	4.719*
X(5).X(1-4) X(6-22)	0.993	28.057*
X(6).X(1-5) X(7-22)	0.993	26.461*

* nyata pada = 0.01

Analisis komponen utama dilakukan untuk pengusutan dimensi pengamatan (dua puluh dua peubah bebas), agar debit sungai dapat dicirikan oleh beberapa komponen utama yang pengaruhnya paling dominan. Hasil analisis komponen utama yang diturunkan dari matriks korelasi R, diperoleh dua puluh dua komponen utama yang merupakan kombinasi linier ke dua puluh dua peubah bebas.

Berdasarkan kombinasi tersebut dilakukan seleksi peubah bebas dengan memperhatikan nilai korelasi antara peubah bebas dengan komponen utama. Ternyata ada nilai intermediate (0.40 - 0.79), misalnya komponen-5 dengan peubah X(2), komponen-1 dengan X(8), komponen-2 dengan peubah X(13) dan X(17), sehingga seleksi peubah bebas sulit dilakukan. Oleh karena itu perlu dipertegas dengan analisis faktor dengan rotasi varimax. Hasil rotasi (L*) dapat dilihat pada Tabel 3. Apakah nilai korelasi < 80%, maka peubah tersebut dapat dieliminir.

Tabel 3. Koefisien faktor utama** dan sumbangan keragaman (22 peubah bebas)

Peubah	1	2	3	4	5	6
X(1)	0.776i	0.417	0.391	0.098	0.133	0.116
X(2)	0.142	0.117	0.188	0.148	0.947*	0.080
X(3)	0.183	0.186	0.111	0.031	0.079	0.954*
X(4)	0.137	0.092	0.036	0.956*	0.143	0.029
X(5)	0.822*	0.331	0.164	0.262	0.016	0.059
X(6)	0.813*	0.454	0.004	0.006	0.056	0.074
X(7)	0.201	0.061	0.937*	0.018	0.175	0.099
X(8)	0.162	0.814*	0.228	0.137	0.051	0.144
X(9)	0.075	0.371	0.298	0.423i	0.059	0.033
X(10)	0.337	0.701i	0.201	0.124	0.140	0.180
X(11)	0.901*	0.185	0.316	0.043	0.096	0.103
X(12)	0.405	0.859*	0.084	0.064	0.011	0.013
X(13)	0.500i	0.043	0.370	0.128	0.151	0.042
X(14)	0.590	0.220	0.607i	0.157	0.118	0.089
X(15)	0.731i	0.454	0.378	0.019	0.162	0.147
X(16)	0.748i	0.521	0.268	0.008	0.048	0.098
X(17)	0.771i	0.130	0.290	0.187	0.026	0.049
X(18)	0.322	0.695i	0.433	0.202	0.100	0.128
X(19)	0.859*	0.369	0.084	0.120	0.027	0.088
X(20)	0.884*	0.214	0.063	0.014	0.127	0.153
X(21)	0.431	0.705i	0.206	0.137	0.052	0.168
X(22)	0.185	0.951*	0.113	0.052	0.071	0.073
B	33.58	24.29	11.35	6.31	5.058	5.181

** Nilai mutlak

i Nilai intermediate

B Sumbangan keragaman

* Nilai korelasi yang diterima

Berdasarkan hasil analisis di atas terlihat bahwa ada beberapa peubah bebas yang masih memiliki nilai korelasi $\leq 80\%$ sehingga dapat dieliminir sebelum masuk ke analisis selanjutnya. Peubah tersebut adalah X(1), X(9), X(10), X(13), X(14), X(15), X(16), X(17), X(18), dan X(21).

Perhitungan kembali analisis komponen utama (dilanjutkan analisis faktor dengan rotasi varimax) tanpa ke sepuluh peubah bebas di atas menghasilkan enam faktor utama yang ternyata masih ada dua peubah bebas yang dapat dieliminir yakni peubah X(6) dan X(8).

Analisis faktor dengan rotasi varimax dilakukan kembali tanpa menggunakan kedua peubah tersebut. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4. Dari tabel ini terlihat semua nilai korelasi antar peubah bebas dengan faktor $\leq 80\%$, sehingga dapat dilanjutkan dengan pemilihan jumlah faktor.

Sebagai kriteria pemilihan jumlah faktor adalah berdasarkan keragaman kumulatif yang dapat menerangkan minimal $> 80\%$ kumulatif total. Dengan demikian didapatkan enam faktor utama, yaitu L1*, L2*, L3*, L4*, L5*, dan L6*, yang secara bersama mampu menerangkan keragaman sebesar 96.26 %.

Faktor utama L1* dicirikan terutama oleh peubah X(5), X(11), X(19), dan X(20), yaitu curah hujan (2000 - 5000 mm), jumlah petani $> 80\%$, tegalan, dan tanah peka erosi. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 34.189 %.

Faktor utama L2* dicirikan oleh peubah X(7), yakni curah hujan > 3000 mm. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 11.586 %.

Faktor utama L3* dicirikan oleh peubah X(4), yakni koefisien bentuk. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 10.582 %.

Tabel 4. Koefisien faktor utama, akar ciri, dan sumbangan keragaman

Peubah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X(2)	-0.124	0.193	-0.155	-0.072	-0.089	-0.95*	0.003	0.006	0.001	-0.002
X(3)	-0.183	0.115	-0.037	-0.114	-0.965*	-0.086	0.000	0.005	0.001	0.000
X(4)	-0.149	0.039	-0.976*	-0.037	-0.036	-0.146	-0.006	0.000	-0.004	0.003
X(5)	0.889*	0.118	0.233	0.295	0.071	0.010	0.001	0.134	-0.003	-0.174
X(7)	0.166	-0.959*	0.038	-0.032	0.115	0.191	0.001	-0.008	0.003	0.006
X(11)	0.856*	-0.366	0.043	0.151	0.117	0.117	0.004	-0.281	-0.006	0.018
X(12)	0.420	-0.022	0.095	0.871*	0.033	0.012	-0.002	0.007	0.233	0.002
X(19)	0.871*	-0.145	0.116	0.328	0.111	0.049	0.286	-0.005	0.013	0.059
X(20)	0.908*	-0.124	0.011	0.170	0.164	0.155	-0.261	0.057	0.022	0.088
X(22)	0.196	0.036	-0.015	0.955*	0.125	0.085	0.009	-0.011	-0.156	-0.005
B	34.189	11.586	10.582	19.387	10.286	10.230	1.521	1.007	0.794	0.418
A	4.820	1.545	1.017	0.989	0.754	0.534	0.155	0.083	0.074	0.030

B Sumbangan keragaman

A Akar ciri

* Nilai korelasi yang diterima

Faktor utama L4* dicirikan oleh peubah X(12) dan X(22), yakni hutan lebat dan ketinggian > 1000 mdpl. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 19.387 %.

Faktor utama L5* dicirikan oleh peubah X(3), yakni kerapatan sungai. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 10.286 %.

Faktor utama L6* dicirikan terutama oleh peubah X(2), yakni kemiringan sungai. Kelompok ini dapat menerangkan keragaman sebesar 10.230 %.

Analisis selanjutnya adalah melihat hubungan antara peubah tak bebas Y dengan komponen Z* ($Z^* = X^{-1} D^{1/2} L^*$). Dari sepuluh komponen utama Z* diperoleh tiga komponen yang memiliki hubungan nyata dengan peubah Y, yaitu Z2*, Z5*, dan Z9* (Tabel 5).

Bentuk hubungan tersebut adalah :

$$Y = -0.002 - 19.433 Z2^* + 1.797 Z5^* + 1.955 Z9^*$$

$$(r = 0.854)$$

Tabel 5. Analisis regresi tiga komponen utama

DEP VAR:Y N:30 MULTIPLE R: 0.932 SQUARED MULTIPLE R: 0.869
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: 0.854 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 12.066

VARIABLE	COEFF	STD ERROR	STD COEFF	TOLERANCE	T
CONSTANT	-0.002	2.203	0.000		-0.001
Z2*	-19.433	2.200	-1.979	0.100	-8.835*
Z5*	1.797	0.394	0.328	0.977	4.560*
Z9*	1.955	0.351	1.252	0.100	5.576*

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	25076.763	3	8358.921	57.419	0.000
RESIDUAL	3785.033	26	145.578		

* nyata pada $\alpha = 0.01$

atau dalam bentuk peubah asal :

$$Y = 37.26 - 18.72X2 - 0.14X3 + 13.64X4 + 23.39X5 - 22.54X7 + 124.186X11 + 116.36X12 - 78.34X19 - 66.31X20 - 4.82X22$$

dimana Y = debit tahunan rata-rata (m^3/det); X2 = kemiringan sungai (%); X3 = kerapatan sungai (%); X4 = koefisien bentuk; X5, X7 = wilayah curah hujan 2000 - 2500 mm dan 3000 mm (km^2); X11 = wilayah petani > 80% (km^2); X12 = hutan lebat (km^2); X19 = tegalan (km^2); X20 = tanah peka erosi (km^2); dan X22 = ketinggian 1000 mdpl (km^2)

KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian analisis komponen utama dapat disimpulkan bahwa :

1. Masalah multikolinieritas dan seleksi peubah dapat diatasi dengan analisis komponen utama.
2. Peubah penentu debit dari hasil seleksi adalah : curah hujan, jumlah petani, tegalan, tanah peka erosi, koefisien bentuk, hutan lebat, ketinggian, kerapatan sungai, dan kemiringan sungai.
3. Bentuk hubungan antara debit air dan faktor yang mempengaruhinya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Y = 37.26 - 18.72X2 - 0.14X3 + 13.64X4 + 23.39X5 - 22.54X7 + 124.183X11 + 116.36X12 - 78.34X19 - 66.31X20 - 4.82X22 \quad (r = 0.85).$$

dimana Y = debit tahunan rata-rata (m^3/det); X2 = kemiringan sungai (%); X3 = kerapatan sungai (%); X4 = koefisien bentuk; X5, X7 = wilayah curah hujan 2000 - 2500 mm dan 3000 mm (km^2); X11 = wilayah petani > 80% (km^2); X12 = hutan lebat (km^2); X19 = tegalan (km^2); X20 = tanah peka erosi (km^2); dan X22 = ketinggian > 1000 mdpl (km^2).

4. Untuk efisiensi kerja, pengamatan faktor-faktor yang mempengaruhi debit air di beberapa DAS Jawa Barat dapat dikonsentrasikan terutama pada peubah hasil seleksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bey, A. 1987. Metode kausal dan time series untuk analisis data iklim. Bahan training dosen perguruan tinggi Indonesia bagian barat dalam bidang Agroklimatologi. Institut Pertanian Bogor dan BKS B. Bogor.
- Haan, C.T. 1977. Statistical methods in hydrology. The Iowa State University Press, Iowa. p. 180-262.
- Irianto, G. Elconora, R. I. Amien. 1993. Seleksi faktor dominan evapotranspirasi untuk mengendalikan laju kehilangan air. Puslitanak. Bogor.
- Karson, M.O. 1982. Multivariate statistical methods. The Iowa State University Press. Iowa. p. 191-248.