

PENGUJIAN KEANDALAN DATA CURAH HUJAN DI DAERAH IRIGASI CIKEUSIK, KABUPATEN CIREBON

(Pusat Penelitian Kerjasama IIMI – FTP UGM)

Oleh :

Bambang H. Priyambodo^{*)}, Bambang Jati A.^{**)}

I. Pendahuluan

Latar Belakang

Curah hujan merupakan variabel hidrologi yang sangat penting, dan akan berpengaruh langsung dengan variabel-variabel lain misalnya; lengas tanah, suhu udara, dan evaporasi.

Dalam urutan analisis data hujan, beberapa pengujian terhadap kualitas data perlu dilakukan, karena besar kesalahan data di sini akan terbawa ke dalam kesalahan lain.

Sebab-sebab yang mempengaruhi kualitas data hidrometeorologi dapat dinilai terhadap :

1. Keandalan berdasarkan peralatan, penilaian ini pada garis besarnya meliputi; keadaan peralatan, lokasi pemasangan, cara pemasangan, dan lain-lain.
2. Keandalan berdasarkan cara pengamatan, pertukaran pengamat dapat merubah penentuan secara estimasi berdasarkan perasaannya sehingga di sini faktor subyektifitas masuk ke dalamnya.

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui tingkat keandalan data hujan beberapa stasiun pencatat di Daerah

Irigasi Cikeusik, kabupaten Cirebon untuk digunakan dalam analisis data hujan berikutnya.

II. Metode Studi

Beberapa cara pengujian data hujan

Seperti lazimnya dalam analisis data hidrologi pada umumnya dan data hujan pada khususnya, untuk tingkat penelitian tertentu diperlukan beberapa pengujian. Diantara pengujian yang diperlukan adalah kepenganggahan (*consistency*), keseragaman (*homogenitas*), normalitas, keteguhan (*persistence*), dan randomness data. Untuk kepentingan praktis pengujian ini jarang dilakukan (Sri Harto, 1989).

1. Kepenganggahan data

Pengujian kepenganggahan yang selama ini banyak digunakan adalah pengujian grafis, dengan "double mass curve". Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan data hujan rata-rata kumulatif beberapa stasiun acuan (*reference stations*) versus data hujan tahunan kumulatif stasiun yang diuji. Apabila garis yang diperoleh merupakan garis lurus berarti data hujan stasiun yang diuji merupakan data yang panggah (consisten).

Kecurigaan akan masih tidak panggahnya data stasiun acuan membangkitkan upaya untuk mencari cara

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian FTP - UGM

^{**)} Mahasiswa Jurusan Mekanisasi Pertanian FTP - UGM

lain, yang tidak tergantung dengan data stasiun acuan.
 Beberapa cara disebutkan berikut ini (Sri Harto, 1989) :

1.1. "Von Neumann ratio"

Cara ini hanya menunjukkan pangkah atau tidaknya data yang diuji, akan tetapi tidak dapat menunjukkan kapan terjadinya perubahan tersebut.
 Statistik yang digunakan adalah :

$$N = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i+1})^2 / \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \dots (2.1)$$

Nilai rata-rata akan tetap (data pangkah) bila $E(N) = 2$

1.2. "Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)"

Kepanggahan data dengan RAPS didasarkan pada nilai Q, di mana :

$$Q = \max_{0 < k < n} |S_k^{**}| \dots (2.2)$$

atau dengan nilai R (range) :

$$R = \max_{0 < k < n} |S_k^{**}| - \min_{0 < k < n} |S_k^{**}| \dots (2.3)$$

Nilai kritik Q dan R dapat ditentukan dari tabel (2.1).

Tabel 2.1. Nilai kritik statistik Q dan R

n	Q/(n) ^{1/2}			R/(n) ^{1/2}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86

(Sumber : Sri Harto, 1989).

$$S_k^{**} = S_k^*/D_y, k = 0, \dots, n \dots (2.4)$$

D_y = simpangan baku

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2/n \dots (2.5)$$

S_k^* adalah penyimpangan kumulatif dari nilai rata-ratanya dan didefinisikan dengan :

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}), k = 1, \dots, n \dots (2.6)$$

Nilai maksimum S_k^* merupakan petunjuk titik perubahan.

2. Keseragaman data

Ketidakteraturan data diuji dengan adanya kemungkinan loncatan (jump) pada nilai rata-rata (mean) dari satu seri data (Y_1, \dots, Y_n), dengan pengertian :

$$E(Y_i) = \begin{cases} \mu & i = 1, \dots, m \\ \mu + \Delta & i = m + 1, \dots, n. \end{cases} \dots (2.7)$$

dalam hal ini : m = titik perubahan (change point).

Keseragaman data dapat diidentifikasi dengan menggunakan statistik pada uji kepanggahan. Pada "Von Neumann ratio", untuk data yang tidak homogen, nilai N cenderung lebih kecil dari dua. Sedang pada RAPS, untuk data homogen diharapkan nilai S_k^* akan berkisar nol.

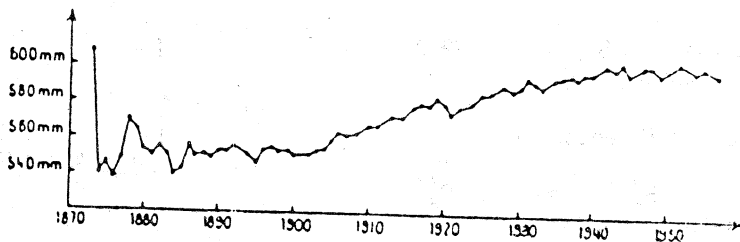
Metode lain adalah dengan menggunakan "run test". Prinsip analisis ini adalah dengan jalan menabulasi secara berurutan data tahunan yang terkumpul, kemudian selisih dengan reratanya diberi

tanda + atau —. Jumlah peralihan dari tanda + dan — dihitung (μ), kemudian dibandingkan dengan tabel 2.2. Untuk data yang tidak homogen, harga μ hitung tidak masuk dalam kisaran harga μ tabel.

Tabel 2.2. Kisaran harga "U" untuk data homogen

No.	Jml data	Kisaran U	No.	Jml data	Kisaran U
1	10	4 — 7	12	32	13 — 20
2	12	5 — 8	13	34	14 — 21
3	14	5 — 10	14	36	15 — 22
4	16	6 — 11	15	38	16 — 23
5	18	7 — 12	16	40	16 — 25
6	20	8 — 13	17	50	22 — 30
7	24	9 — 14	18	60	26 — 36
8	26	9 — 16	19	70	31 — 41
9	28	10 — 17	20	80	35 — 47
10	30	11 — 18	21	90	40 — 52
11	32	12 — 19	22	100	45 — 57

(Sumber : Anonim, 1987)



Gambar 2.1. Harga rerata curah hujan tahunan di Montsouris (Paris).

3. Normalitas data

Untuk mencirikan suatu watak dari seri observasi biasanya yang dipakai adalah rerata perhitungan (arithmetic) dari keseluruhan harga yang menyusun seri observasi tersebut. Harga ini dapat merupakan pengukuran dari satu anasir pada waktu tertentu atau selama satu periode tertentu diberbagai titik (tempat), misalnya tinggi hujan yang diukur selama satu bulan tertentu disuatu daerah. Rerata tersebut adalah rerata dalam waktu. Apabila penambahan harga baru tidak memberikan pengaruh yang berlebihan terhadap harga reratanya maka seri observasi tersebut adalah normal.

Gambar 2.1 menunjukkan bagaimana "evolusi dari normal" dari tinggi hujan di stasiun observasi Montsouris (Paris) sejak tahun 1873.

Akan tetapi agar supaya normalisasi dapat menjawab keseluruhan sifat-sifat yang mewakili, yang juga kurang lebih nampak dan secara intuitif diterima, maka kondisi umum di bawah ini harus dipenuhi, yaitu :

- seri data yang digunakan homogen,
- panjang dari seri sedemikian sehingga variasi periodik dapat diabaikan,

- panjang minimal dari seri selaras dengan variabilitas dari setiap anasir.
- harga-harganya terdistribusi dalam bentuk Gauss atau setidaknya tidaknya kurang lebih dalam bentuk Gauss.

Adapun sifat-sifat distribusi dalam bentuk Gauss adalah sebagai berikut (Haan, 1977)* : fungsi kerapatan

kemungkinan (probability density function) mempunyai persamaan :

$$P_x(X) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \exp(-1/2(x-\mu)^2/\sigma^2)$$

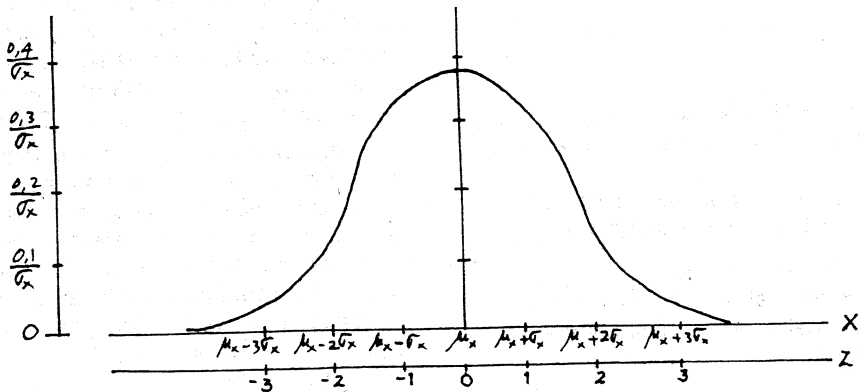
untuk $-\infty < x < \infty \dots \dots$ (2.8).

dengan :

$P_x(X)$ = harga kemungkinan kejadian bernilai X
 σ^2 = variansi populasi data X

μ = harga tengah (mean) populasi data X.

Dalam pemakaiannya persamaan 2.8 sulit diselesaikan secara analitis. Untuk memudahkan hitungan dipergunakan pendekatan dengan transformasi linier dari variabel x ke variabel $z = (x - \mu) / \sigma$, yang berdistribusi normal standar, artinya mempunyai means 0 dan variansi 1.



Gambar 2.2. Kurva normal umum dan standar

Beberapa sifat khusus sebaran normal adalah sebagai berikut :

- besarnya asimetrik (skewness), $\text{coas} = 0$.
- kurtosis, $K = 3\sigma^2$.
- harga kemungkinan X berada pada daerah antara $\mu - \sigma_x$ dan $\mu + \sigma_x$ adalah 68,27%.
- harga kemungkinan X berada pada daerah antara $\mu - 2\sigma_x$ dan $\mu + 2\sigma_x$ adalah 95,44%.

(Haan, 1977).

4. Keteguhan data

Keteguhan data adalah kekuatan hubungan antara nilai-nilai suatu seri observasi yang tergantung pada selang waktu (time interval). Data hujan jangka

pendek biasanya sangat erat hubungannya dengan data hujan tahunan kurang erat hubungannya.

Jika ada keteguhan yang menyolok dalam seri observasi $X_1, X_{1+1}, \dots, X_{1+n}$ maka akan ada kecenderungan yang kuat pada x_i dan x_{i+1} untuk lebih besar dari nilai rata-rata, atau keduanya lebih kecil dari rata-ratanya (μ).

Jadi adanya tendensi tertentu pada hasil $(x_i - \mu)(x_{i+1} - \mu)$ menjadi positif karena kerap kali hasil kedua faktor tersebut tandanya sama. Secara statistik, seri observasi yang berurutan tersebut dikorelasikan secara positif. (Soemarto, 1987).

Untuk keteguhan adalah koefisien korelasi geser satu (lag-one serial correlation coefficient) r_1 , yang memberikan nilai korelasi pada suatu waktu terhadap nilai

sebelumnya. Bila r_1 mendekati satu, maka seri observasi tersebut memiliki keteguhan.

Nilai r_1 dapat dicari dengan persamaan :

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \mu)(x_{i+1} - \mu)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (2.9)$$

dengan :

r_1 = koefisien korelasi geser-satu

x_i = data observasi dengan $i = 1, 2, \dots, n$

μ = nilai rerata populasi, diestimasi dengan nilai rerata sampel (\bar{x}).

Untuk geser satu, uji yang pasti yang menunjukkan bahwa r_1 benar-benar bukan nol adalah bila nilainya berada di luar rentang :

$$-\frac{1}{n-1} \pm 1.96 \frac{(n-2)}{(n-1)^{3/2}} \quad (2.10)$$

(Clarke, 1973).

n = jumlah bulan x jumlah tahun.

5. Keacakan (randomness) data

Suatu seri observasi (x_i), $i = 1, 2, \dots, n$ dari variabel hidrologi adalah merupakan urutan nilai-nilai yang dihasilkan oleh proses acak dalam urutan interval waktu secara bergantian. (Soemarto, 1987).

"Turning point test", digunakan untuk mengetahui sifat keacakan dari seri observasi tersebut. "Turning point" (p) terjadi pada waktu x_i lebih besar atau lebih kecil dari x_{i-1} dan x_{i+1} , atau :

1. $x_{i-1} < x_i > x_{i+1}$
2. $x_{i-1} > x_i < x_{i+1}$

Ada enam kemungkinan yang terjadi dalam urutan seri observasi, yakni :

- 1) $x_{i-1} > x_i > x_{i+1}$
- 2) $x_{i+1} > x_{i+1} > x_i$
- 3) $x_i > x_{i-1} > x_{i+1}$
- 4) $x_i > x_{i+1} > x_{i-1}$
- 5) $x_{i+1} > x_{i-1} > x_i$
- 6) $x_{i+1} > x_i > x_{i-1}$

dalam hal ini "turning point" terjadi pada kasus nomor 2, 3, 4 dan 5, atau probabilitas "turning point" adalah 2/3. Jadi "turning point" tidak terjadi pada $i = 1$ dan $i = n$. Rerata "turning point" yang diharapkan dalam seri observasi acak adalah : $E(p) = 2(n-2)/3$ dan variansi adalah sebesar $var(p) = (16n - 29)/90$.

Sebagai akibatnya p dapat dinyatakan dengan pengukuran standar, $z = (p - E(p)) / var(p)^{1/2}$ yang mendekati variabel random normal standar. Sifat keacakan didapat apabila harga z hitung terletak di antara batas keyakinan bawah dan batas keyakinan atas dengan tingkat signifikansi α tertentu. (Kottegoda, 1980).

III. Metodologi

3.1. Pengumpulan data

Data hujan diambil dari lima (5) stasiun pencatat di Daerah Irigasi Cikeusik, kabupaten Cirebon, Jawa Barat, lebih kurang 35 km sebelah timur kota Cirebon. Lokasi stasiun pencatat dan tempat pengambilan data, sebagai berikut : stasiun no. 92 di desa Losari dan stasiun no. 86 di desa Gebang Udik, data diambil dari kantor subseksi pengairan kecamatan Babakan, kabupaten Cirebon.

Stasiun no. 87 di desa Cangkuang dan stasiun no. 89a di desa Jatiseeng, data diambil dari kantor subseksi pengairan kecamatan Ciledug, kabupaten Cirebon. Dan stasiun no. 84 di dekat bendung Cikeusik, data ini diambil dari kantor subseksi pengairan

kecamatan Waled, kabupaten Cirebon. Sebaran kelima stasiun pencatat dapat dilihat pada gambar. (Gambar 3.1). Data hujan tercatat selama 15 tahun, (tahun 1975 — 1989).

3.2. Analisis Keandalan Data

Seri observasi data hujan tahunan kelima stasiun diuji mengenai keandalannya, meliputi : kepenggahan, keseragaman, normalitas, keteguhan dan randomness menggunakan standar prose-

dur yang telah dikemukakan dalam metode studi.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hujan

Data hujan tahunan dari kelima stasiun disajikan dalam tabel 4.1, sedang tabel 4.2 memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai beberapa karakteristik dari data tersebut.

Tabel 4.1. Beberapa karakteristik data hujan tahunan Daerah Irigasi Cikeusik, kabupaten Cirebon

Lokasi Daerah	Sta. No.	jml th data	Parameter statistik				
			rerata (mm)	st.dv	covar	cor: (r1)	coas
Hilir	92	15	1624	245.8	0.15	0.56	- 0.26
Hilir	86	15	1591	285.1	0.18	0.55	- 0.70
Tengah	87	15	1633	365.0	0.22	0.58	0.40
Tengah	89a	15	2083	569.9	0.27	0.62	0.73
Hulu	84	15	2328	477.3	0.21	0.58	0.95

Keterangan :

- covar = koefisien variansi
- cor: (r1) = koefisien korelasi bulanan geser 1
- coas = koefisien asimetrik

4.2. Konsistensi Data

Pengujian konsistensi dengan cara "Von Neumann ratio" dan RAPS, dilakukan dengan menghitung nilai N , S_k^* , D_y , S_k^{**} , menggunakan persamaan (2.1), (2.6), (2.5), (2.4). Contoh hasil perhitungan untuk stasiun no. 92, disajikan dalam tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.2. Data Hujan tahunan di lima stasiun pencatat, Daerah Irigasi Cikeusik

Sta / Tahun	no : 92 (mm)	no : 86 (mm)	no : 87 (mm)	no : 89a (mm)	no : 84 (mm)
	1975	2034	1815	1906	2407
1976	1275	1058	1597	1407	1631
1977	1669	1575	1602	1406	2005
1978	1387	1658	2097	1701	2496
1979	1726	1346	1907	1841	2236
1980	1144	1284	1216	1359	1823
1981	1492	1820	1981	2368	3445
1982	1532	1073	1644	1699	2175
1983	1805	1590	1305	2597	1959
1984	1907	2034	2356	3379	3041
1985	1719	1769	1780	2825	2253
1986	1492	1841	1369	2099	2241
1987	1695	1730	1194	2101	1964
1988	1913	1562	1167	2221	2326
1989	1568	1707	1366	1847	2568

Tabel 4.3 Hasil hitungan pengujian konsistensi Data Sta. 92

Y_i	$(Y_i - Y_{i+1})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$Y_i - \bar{Y}$	S_k^*	S_k^{**}	N	$Q/(n)^{1/2}$
2034	576081	410	168100	410	1,9406		
1275	155236	- 349	121801	- 349	- 1,6507		
1669	81796	45	2025	45	0,2136		
1387	117649	- 237	56169	- 237	- 1,1208		
1726	338724	102	10404	102	0,4833		
1144	123904	- 480	230400	- 480	- 2,2706		
1492	1600	- 132	17424	- 132	- 0,6240		
1532	74529	- 92	8464	- 92	- 0,4347	2,09	0,586
1805	10404	181	32761	181	0,8571		
1907	35344	283	80089	283	1,3397		
1719	51529	- 95	9025	295	0,4501		
1492	41209	- 132	17424	- 132	- 0,6240		
1695	47524	371	85041	371	0,3366		
1913	119025	289	83521	289	1,3681		
1568		- 56	3136	- 56	- 0,2643		

$Y = 1624 \Sigma 1774554$

$\Sigma 845784 \Sigma - 2$

Dengan cara yang sama, untuk stasiun lainnya didapat, stasiun no. 86 : $N = 2,105$ dan $Q/(n)^{1/2} = 0,50$, stasiun no. 85 : $N = 1,973$ dan $Q/(n)^{1/2} = 0,56$, stasiun no. 89a: $N = 1,945$ dan $Q/(n)^{1/2} = 0,63$, stasiun no. 84; $N = 2,08$ dan $Q/(n)^{1/2} = 0,63$. Selanjutnya nilai $\frac{Q}{(n)^{1/2}}$ ini dibandingkan dengan nilai kritik dalam tabel 2.1.

Berdasarkan nilai N dan hasil perbandingan $Q/(n)^{1/2}$, maka dapat disimpulkan kelima stasiun mempunyai data yang konsisten. Untuk stasiun no. 92, mulai dikenali adanya perubahan kepenggahan pada tahun ke enam (6) atau pada S_k^* maksimum. (lihat tabel 4.3).

4.3. Homogenitas data

Untuk nilai N yang sama dengan dua dan nilai S_k^* berkisar sama dengan nol, maka data tersebut homogen. (Sri Harto, 1989). Nilai S_k^* stasiun no. 86 adalah 0, nilai S_k^* stasiun no. 87 adalah - 0,5, sta-

siun no. 89a adalah 2 dan stasiun no. 84 adalah 0,15. Jadi berdasarkan nilai N dan S_k^* tersebut maka data kelima stasiun merupakan data yang homogen.

Pengujian dengan metode "run test" didapat harga "u" sebagai berikut : stasiun no. 92 : $u = 9$ stasiun no. 86 : $u = 7$, stasiun no. 87 : $u = 7$, stasiun no. 89a : $u = 5$ dan stasiun no. 84 : $u = 8$. Harga "u" tersebut, selanjutnya dibandingkan dengan harga kritik "u" pada tabel 2.2. Kesimpulan yang didapat, semua stasiun pencatat hujan mempunyai data yang homogen.

4.4. Normalitas Data

Pengujian ini didasarkan pada harga koefisien asimetrik dan harga probabilitas dari seri observasi tersebut. Koefisien asimetrik mengukur ketidak simetrisan dari seri observasi. Jika $coas = 0$, distribusi probabilitas seri observasi adalah simetris dengan pusat (μ). Jika $coas < 0$, fungsi distribusi condong ke kanan, sedang jika $coas > 0$, menunjukkan distribusi condong ke kiri. Untuk sta-

siun no. 92 dan 86, fungsi distribusi condong ke kanan, sedang stasiun no. 87, 89a dan 84, fungsi distribusi condong ke kiri. (lihat tabel 4.2).

Untuk data $n = 15$ tahun, harga probabilitas X berada pada daerah antara $x - st.dv$ dan $x + st.dv$ sebesar 68,27%, hanya dipenuhi jika 10 data dari seri observasi masuk dalam rentang tersebut. Seding harga probabilitas X berada pada daerah antara $x - 2(st.dv)$ dan $x + st.dv$ sebesar 95,44%, dipenuhi jika ada 14 data dari seri observasi masuk dalam rentang tersebut.

Berdasarkan harga koefisien asimetric dan jumlah data yang masuk dalam rentang probabilitas tersebut, maka data dari kelima stasiun tidak normal.

4.5. Hasil Pengujian Keteguhan Data

Untuk uji keteguhan, batas yang diberikan oleh Clarke (1973) dengan data hujan selama 15 tahun :

$$= \frac{1}{179} \pm 1.96 \frac{178}{179^{2/3}}$$

atau antara — 0.00558 s/d — 0.145679

Nilai r_1 (tabel 4.2) untuk semua stasiun terletak di luar rentang, berarti data dari kelima stasiun memiliki keteguhan.

4.6. Hasil Pengujian "randomness" Data

Dari seri observasi $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$, dan kemudian diproses dari rangkaian x_2 ke x_{n-1} dengan tiga titik observasi, jika "turning point" p terjadi, maka diberi skor 1, dan sebaliknya bila tidak terjadi diberi skor 0. Total skor untuk stasiun no. 92, no. 86, no. 87 adalah 7, stasiun no. 89a adalah 8 dan stasiun no. 84 adalah 6.

Nilai z untuk stasiun no. 92, no. 86, no. 87 adalah sebesar — 1,0886, stasiun

no. 89a sebesar 0,4354 dan stasiun no. 84 sebesar — 1,7418.

Untuk tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ didapat daerah penerimaan — $1,96 < z < 1,96$, sehingga nilai z kelima stasiun masuk dalam rentang tersebut. Jadi kelima stasiun mempunyai sifat random.

Contoh perhitungan untuk stasiun no. 92, sebagai berikut : seri observasi selama 15 tahun (1975 — 1989) adalah 2034; 1275; 1669; 1387; 1726; 1144; 1492; 1532; 1805; 1907; 1719; 1492; 1692; 1913; 1568.

Skore yang didapat dalam seri observasi adalah :

1; 1; 1; 1; 1; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 1.

Total skor = 7

$$E(p) = 2(15 - 2)/3 = 8,6666$$

$$\text{var}(p) = (16(15) - 29)/90 = 2,344$$

untuk nilai z didapat, $z = (p - E(p)) / (\text{var}(p))^{1/2}$ atau sama dengan $z = (7 - 8,6666)/2,344$ atau $z = - 1,0886$.

Kesimpulan

Memperhatikan hasil-hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Pengujian dengan "Von Neumann ratio" dan RAPS, didapat data yang konsisten untuk kelima stasiun.
2. Pengujian dengan metode "run test" dan berdasarkan nilai N pada "Von Neumann ratio" serta nilai S_k^* , didapat data yang homogen untuk kelima stasiun.
3. Data dari kelima stasiun pencatat hujan tidak menunjukkan sifat normal.
4. Ada keteguhan data hujan pada kelima stasiun pencatat.
5. Ada sifat "randomness" dalam seri observasi untuk kelima stasiun hujan.

Daftar Pustaka

Anonim, 1987, "Penelitian Pengelolaan Air Kali Sampean Tahap III", Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Arléry R., Grisolle H., Guilmet, B., 1973, "Climatologie", Methode et pratiques. Deuxieme edition Gauthier-Villars Paris - Bruxelles - Montreal.

Clarke, R.T., 1973, "Mathematical Models in Hydrology", Food and Agricultural Organization of the United Nations, Roma.

Haan, C.T., 1977, "Statistical Methods in Hydrology", The Iowa state University Press, Ames.

Kottegoda, N.T., 1980 "Stochastic Water Resources Technology", The Macmillan Press Ltd. London.

Soemarto, 1987, "Hidrologi Teknik", Usaha Nasional, Surabaya.

Sri Harto, 1989, "Beberapa Cara Pengujian Kepinggahan Data Hujan", PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

