

PENGUJIAN DATA HIDROLOGI DALAM RANGKA PENINGKATAN EFEKTIFITAS DAN EFISIENSI PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Agung Bagiawan¹, Sri Mulat Yuningsih², Desi Windatiningsih³

Pusat Litbang Sumber Daya Air, Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung

Email : bagiawan@gmail.com; yuningsihsm@yahoo.com; deazy_winda@yahoo.co.id

Diterima: Maret 2011; Disetujui: 2011

ABSTRAK

Data hidrologi tidak hanya diperlukan untuk perencanaan, pengembangan dan pengelolaan sumber daya air dan lingkungan, tetapi juga diperlukan untuk studi tentang proses ilmu dan teknik hidrologi. Dengan tersedianya metoda-metoda yang terbaharui senantiasa untuk suatu analisis dan penyelesaian permasalahan yang multi dimensi seperti banjir, kekeringan, masalah drainasi yang tidak memadai, aliran rendah di sungai dan permasalahan saat ini yaitu kualitas data. Analisis dan penggunaan data hidrologi untuk suatu pengambilan kebijakan dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat bermakna bila tersedia karakteristik data yang memadai kualitasnya. Pada umumnya, data hidrologi perlu dianalisis tetap dalam jumlah (stationary), konsisten, bebas dari arah gejala (trend) dan apakah merupakan proses stokastik yang mempunyai komponen acak dinyatakan oleh suatu hipotesis distribusi probabilitas. Makalah ini menjelaskan contoh-contoh hipotetis perhitungan numerik yang umumnya digunakan dan beberapa pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran keberadaan karakteristik dari data hidrologi. Pengujian diaplikasikan pada data debit aliran dan hujan di DAS Cimanuk hulu. Tahapan praktis dan perangkat lunak untuk pengujian kualitas data telah dibahas dalam makalah ini dan diharapkan dapat bermanfaat untuk pengelola atau pengguna dalam menguji dan memvalidasi data hidrologi.

Kata kunci : analisis data, konsistensi, arah gejala, keacakan, homogen, kendali mutu, DAS Cimanuk.

ABSTRACT

Hydrological data are not only prerequisite for planning, development and management of water resources and the environment, but they are also necessary for the scientific study of hydrological processes. With availability of sophisticated methods for data analysis and multi-dimensional problems such as floods of long duration, drought, drainage congestion, and low flow in rivers, emphasis is now being placed on comprehensive and quality data. The analysis and use of hydrological data for decision making in water resources planning and management can only be meaningful if the data possess the appropriate characteristics. In general, it is customary that data being analysed are stationary, consistent, free of trend and constituting a stochastic process whose random component is described by an appropriate probability distribution hypothesis. This paper describes, using hypothetical numerical examples where possible, some of the commonly used tests for establishing the presence or otherwise of these attributes in hydrological data series. The tests were then applied to actual streamflow and rainfall data records in upper Cimanuk River Basin. Practical procedures and softwares for quality control of hydrological data have been discussed and developed that may be useful to the users for validating hydrological data.

Keywords : data analysis; consistency; trend; randomness; homogeneous, quality control, Cimanuk River Basin.

PENDAHULUAN

Data hidrologi memegang peran yang sangat penting didalam menyiapkan suatu perencanaan dan pengelolaan sumber daya air. Ketidak akuratan data dan informasi hidrologi akan berakibat tidak efektif dan efisiennya perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang dilakukan dengan menggunakan data tersebut.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi ketidak akuratan data hidrologi antara lain faktor alam seperti perubahan iklim dan penggunaan

lahan, peralatan pemantaunya serta faktor pengoperasian dan pengelolaan hidrologi. Untuk menjamin tersedianya data dan informasi yang berkualitas dan informatif diperlukan pengendalian mutu operasi dan pemeliharaan.

Untuk dapat melakukan peningkatan mutu atau kualitas data yang dikumpulkan dan diolah, pengelola data hidrologi perlu mengidentifikasi dan memahami permasalahan yang dapat mengakibatkan data hidrologi tidak akurat.

Masalah ketidak akuratan data dapat diidentifikasi dengan melakukan: a. Pemahaman

terhadap pelaksanaan pengelolaan hidrologi yang dilakukan apakah telah memenuhi kriteria yang baik atau referensi yang telah diterbitkan, b. Pemahaman terhadap sumber kesalahan data. Permasalahan terhadap pemahaman permasalahan pengelolaan yang seringkali timbul di seluruh propinsi di Indonesia dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu yang berkaitan dengan pengelolaan hidrologi dan penyiapan data dan informasi hidrologi yang berkualitas. Pengelolaan hidrologi yang kurang baik akan berdampak pada kualitas data yang terpublikasi dan informasi yang disiapkan.

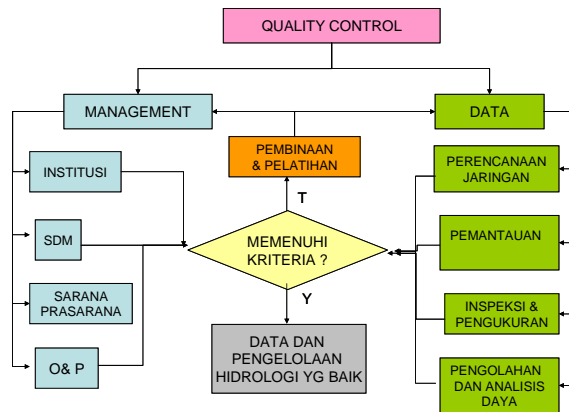
Untuk mengetahui kondisi dari pengelolaan hidrologi dari masing-masing pengelola diperlukan suatu kriteria untuk mengukur dan melakukan evaluasi. Kriteria penilaian disusun dalam suatu blangko kuestioner yang mencakup kriteria kinerja pengelolaan, kinerja peralatan, kinerja Sumber

Daya Manusia dan kinerja Operasi dan Pemeliharaannya.

Evaluasi terhadap hasil pengisian terhadap kuestioner tersebut, dapat diketahui kondisi pengelolaan hidrologi untuk masing-masing institusi pengelola sehingga modul pelatihan dan pembinaan dapat disiapkan dan disesuaikan untuk pengelola yang pengelolaan hidrologinya perlu ditingkatkan.

Pengelola hidrologi perlu memahami data yang kebenarannya diragukan. Untuk itu pemahaman tentang sumber kesalahan dalam pemantauan serta pengukuran perlu diketahui dan diantisipasi sehingga dalam buku publikasi akan terjamin data hidrologi yang berkualitas baik.

Konsep pengendalian yang digunakan untuk melakukan evaluasi dan uji kendali mutu terhadap kualitas pengelolaan dan kualitas data adalah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram cakupan kendali mutu

Untuk mendapatkan data yang berkualitas dan pengelolaan yang profesional, kendali mutu (quality control) dilakukan terhadap tata cara pengelolaan dan tahapan diperolehnya data. Bilamana kedua hal ini memenuhi kriteria yang dipersyaratkan maka diharapkan pengelolaan akan dapat dilakukan dengan optimal dan data yang diperoleh akan mempunyai kualitas yang baik. Sebaliknya, jika pengelolaan tidak memenuhi kriteria maka tidak akan didapatkan data yang berkualitas, sehingga perlu dilakukan pembinaan dan pelatihan.

Dalam tulisan ini akan diuraikan sumber kesalahan, ketidakpastian data, pendekatan dan metodologi untuk pengujian kualitas data serta tahapan yang perlu dilakukan untuk penyiapan data hidrologi yang berkualitas. Diharapkan tulisan ini dapat digunakan sebagai masukan didalam

meningkatkan kualitas data hidrologi yang akan digunakan dalam pengelolaan sumber daya air.

Maksud dari tulisan ini adalah memberikan pedoman bagi pengelola data didalam memeriksa data hidrologi yang diperoleh dari pemantauan lapangan sebelum dipublikasikan dan dimasukkan dalam basis data serta menetapkan beberapa langkah pengujian untuk meyakinkan apakah data yang dikumpulkan tersebut layak untuk dipublikasikan.

Tujuan dari tulisan ini adalah menyiapkan data hidrologi yang berkualitas baik dan siap untuk digunakan dalam mengefektifkan dan mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

Pedoman ini dapat membantu pengelola hidrologi, pengguna data hidrologi, perencana sumber daya air atau peneliti dalam memeriksa

kualitas dan menguji data hidrologi untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas pengelolaan sumber daya air.

Lingkup tulisan ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

- Identifikasi permasalahan yang berkaitan dengan kualitas data
- Faktor yang mempengaruhi kualitas data dan penyebabnya
- Jenis kesalahan yang sering terjadi
- Metoda yang digunakan untuk pengujian kualitas data
- Prosedur dan Cara pengujian data
- Contoh pengujian data hidrologi mencakup data hujan, iklim, muka air dan debit.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengelolaan Sumber Daya Air sangat tergantung pada kuantitas dan kualitas data hidrologi. Banyak pengelola data hidrologi yang tidak melakukan pengujian validitas data hidrologi sebelum data tersebut dipublikasikan atau digunakan untuk suatu analisis hidrologi. Pengelola data hidrologi perlu memahami data yang dicurigai tidak benar. Untuk itu pemahaman tentang sumber kesalahan dan ketidak pastian dalam pemantauan dan pengukuran perlu diketahui dan diantisipasi sehingga dalam buku publikasi akan terjamin data hidrologi yang berkualitas baik.

Kesalahan dalam operasi dan pemeliharaan dapat menyebabkan kesalahan dari data yang akan dipublikasikan. Kesalahan ini dapat dikategorikan dalam tiga jenis yaitu kesalahan palsu, kesalahan sistimik dan kesalahan acak.

Kesalahan palsu adalah pencatatan data yang sangat ekstrim yang diduga merupakan data yang outlier atau diluar dari sebaran distribusinya. Kesalahan palsu harus dieliminasi dengan menghilangkan nilai dari pengamatan yang ekstrim tersebut. Kesalahan ini dapat diuji dengan uji statistik-outlier.

Kesalahan yang sistemik atau bersifat tetap disebabkan oleh kesalahan sistem. Kesalahan sistemik awalnya dari kesalahan peralatan dan tidak dapat dikurangi dengan penambahan pengukuran jika peralatan dan kondisinya tidak berubah atau tidak dikalibrasi, tidak diganti atau tidak diperbaiki. Jika kesalahan sistemik ini dapat diketahui nilainya, maka kesalahan tersebut dapat dieliminasi dengan menambahkan atau mengurangi besaran kesalahan yang terjadi sehingga kesalahan yang diakibatkannya dapat dianggap nol.

Kesalahan acak adalah kesalahan yang tidak menentu, kesalahan ini dapat diakibatkan oleh

setiap aktifitas pemantauan dan pengukuran. Kesalahan acak tidak dapat dieliminasi, tapi pengaruhnya dapat dikurangi dengan meningkatkan jumlah pengukuran (World Meteorological Organization, 2008).

Menilik akan sangat rentannya data hidrologi terhadap kesalahan akibat berbagai faktor, maka data hidrologi yang baik harus tetap, konsisten dan homogen serta tidak memiliki arah gejala bila akan digunakan dalam analisa frekwensi atau untuk simulasi dari suatu sistem hidrologi (Dahmen and Hall, 1990). Perubahan karakteristik data dapat disebabkan karena kesalahan dan ketidakpastian.

Berbagai jenis kesalahan seperti kesalahan acak, kesalahan yang tetap atau kesalahan karena tidak homogen dapat diakibatkan oleh pengukuran, pengiriman data atau pencatatan selama pengukuran. Meskipun seringkali sulit untuk menjaga suatu standar akurasi dari suatu seri data, namun pengumpulan, pengujian dan pengolahan data adalah hal yang sangat penting untuk menyiapkan publikasi dan basis data nasional yang teruji kualitasnya. Pemahaman terhadap sumber kesalahan dan ketidak pastian data sangat membantu pengambil keputusan untuk menentukan pilihan kebijakan yang harus diambilnya (Sayers, et al, 2003).

Data hidrologi yang dikumpulkan dari hasil pemantauan pos hidrologi di lapangan perlu diuji melalui suatu tahapan pemeriksaan data. Berbagai institusi telah melakukan kajian dalam pengujian data hidrologi, baik untuk seri data tunggal atau seri data ganda. WMO (World Meteorological Organization) telah merekomendasikan jenis pengujian data hidrologi yang diperlukan seperti untuk analisis seri data, analisa arah gejala, analisis homogenitas, analisis korelasi, dan analisis lainnya.

Antonopoulos et al (2001), telah menggunakan pendekatan statistik untuk melakukan analisa atau pengujian kualitas dan kuantitas data di Sungai Strymond di Yunani, dimana arah gejala dari suatu seri data dapat diketahui dengan menggunakan kriteria Spearman's terhadap berbagai variabel hidrologi. Untuk suatu kondisi dimana datanya tidak lengkap, Hirsch et al (1991) mengusulkan Kendall's test dapat digunakan untuk menguji arah gejala suatu seri data yang mempunyai data kosong atau tidak kontinu.

Analisis dan data hidrologi yang digunakan untuk pengambil keputusan dalam pengelolaan sumber daya air baru berarti jika data yang digunakan sebagai dasar dalam analisis memiliki karakteristik yang stabil, konsisten, bebas dari adanya arah gejala dan merupakan suatu proses

stokastik yang mengandung komponen acak yang dinyatakan dalam suatu hipotesis distribusi probabilitas (Adeloye, et al, 2002). Konsistensi dimaksudkan bahwa data hidrologi yang dikumpulkan mempunyai populasi statistik yang sama. Arah gejala dapat terjadi dalam suatu seri data bila ada korelasi yang kuat dari data untuk suatu kurun waktu pengamatan. Arah gejala dari data yang dapat positif atau negatif umumnya diakibatkan oleh kegiatan manusia seperti perubahan lahan atau ulah manusia yang mempengaruhi perubahan iklim.

Pada umumnya keacakan dari suatu seri data hidrologi disebabkan karena data yang teramati berkaitan dengan kondisi alam. Jika tidak ada keacakan, maka seri data Saling tergantung dan hal ini dapat ditunjukkan dari koefisien serial korelasinya (McMahon & Mein, 1986).

Beberapa pengujian kualitas data dilakukan dalam tulisan ini untuk memberikan contoh bagi pengelola dan perencana hidrologi agar dapat melakukan pengujian data sebelum data digunakan untuk suatu analisa frekwensi atau simulasi. Untuk memudahkan dalam pemahaman untuk pengujian data telah dikembangkan beberapa perangkat sederhana dalam Microsoft Excel.

Balai Hidrologi dan Tata Air, setiap tahunnya melaksanakan program pengujian data hidrologi yang telah dikumpulkan dari pengelola hidrologi di daerah sebelum data tersebut dipublikasikan secara nasional. Pengujian dilakukan terhadap data debit dan curah hujan. Dari pos hidrologi yang terkumpul, tidak semua pos dapat dipublikasikan karena dalam proses pengujian data terindikasi berbagai kesalahan telah ditemukan. (Laporan Pembaharuan Data Hidrologi, Publikasi Puslitbang SDA, 2009).

METODOLOGI DAN ANALISIS

Metoda dan analisis yang diuraikan dalam tulisan ini dititik beratkan pada pengujian data hidrologi serta tahapan yang diperlukan agar data yang dipublikasikan dan dimasukkan dalam basis data mempunyai kualitas yang baik atau siap pakai untuk analisis sumber daya air.

A Referensi dan Prosedur Pengujian Data

Pengujian data hidrologi dilakukan sebelum data tersebut dipublikasikan dan digunakan dalam suatu analisis atau pemodelan agar hasil yang diperoleh dari analisis atau pemodelan dapat tepat dan benar. Berbagai pedoman atau standar kriteria pengujian kualitas pengelolaan dan data telah dikeluarkan oleh berbagai insatansi seperti WMO & USGS di luar negeri dan Pusat Litbang Sumber Daya Air & Direktorat Jendral Sumber Daya Air didalam negeri untuk memudahkan pengguna atau

perencana atau peneliti melakukan pengujian data hidrologi. Tabel 1 adalah daftar jenis kegiatan untuk berbagai pos pemantauan hidrologi dan pedoman yang pernah dibuat untuk menguji kualitas dari data sebelum data tersebut digunakan atau dipublikasikan.

Tahapan yang digunakan dalam pengujian data hidrologi dapat diklasifikasikan dalam pemeriksaan awal tentang kelengkapan data dimana data hidrologi dari lapangan untuk pengamatan manual, pengamatan otomatis dan pengamatan secara tepat waktu dengan sistim telemetri disusun dalam suatu tabulasi data. Dari tabulasi data tersebut dapat secara cepat keberadaan datanya lengkap atau banyak yang kosong. Tabulasi data yang mempunyai kekosongan lebih dari 20 % sulit untuk dapat diisi dengan metoda yang ada sedangkan untuk kekosongan yang kurang dari 20% dapat menggunakan beberapa metoda seperti korelasi yang akan didiskusikan dalam tulisan ini. Bila kekosongan data melebihi nilai tersebut atau nilai koefisien korelasi yang diperoleh dengan pos terdekatnya kurang dari 0,83 atau ($r^2 < 0.7$), maka pos tersebut dapat dikategorikan pos yang tidak memiliki korelasi yang baik untuk pengisian data yang kosong.

Data yang lengkap selanjutnya diplot dalam perioda waktu jam-jaman atau harian atau bulanan atau tahunannya sesuai dengan waktu pembacaan datanya. Dari plot tersebut dapat diketahui kondisi dari data yang dikumpulkan, apakah ada data ekstrim positif atau ekstrim negatif yang diluar kewajaran, atau ada data yang mempunyai nilai yang sama untuk beberapa waktu, atau adanya debit nol untuk suatu waktu tertentu pada musim hujan. Dalam kondisi yang demikian perlu penganalisa data melakukan pengecekan terhadap data asli dari tabel atau grafik dan berdiskusi dengan pengelola atau pengumpul data hidrologi untuk mempertanyakan penyebab dari keganjilan data tersebut agar dapat dilakukan pengisian data dengan benar.

Pada kondisi dimana ada data yang hilang, maka dapat dilakukan pengisian data tersebut. Banyak metoda atau pendekatan yang dapat digunakan untuk pengisian data, misalnya dengan menggunakan kurva masa ganda dengan cara membuat korelasi antara pos yang datanya lengkap dengan pos yang datanya akan diisi atau kosong. Pengisian data dapat dilakukan dengan membuat hubungan antara hujan dan debit.

Pada kondisi dimana data tersebut telah lengkap, maka dapat dilakukan pemeriksaan atau pengujian apakah data yang terkumpul tersebut stationary atau tetap, konsistensi dan homogen.

Pengujian awal umumnya dilakukan untuk menghitung besarnya parameter statistik untuk seri data tersebut seperti rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemiringan, median, dll, selanjutnya dilakukan pengujian untuk memeriksa apakah data yang terkumpulkan memiliki arah gejala positif atau negatif, jika dari hasil pengujian menunjukkan tidak adanya arah gejala maka

pengujian dapat dilanjutkan dengan melakukan pemeriksaan kestabilan seri data, apakah seri data tersebut stabil dalam rata-ratanya dan stabil dalam kwadrat standar deviasinya. Bila kondisi ini terpenuhi maka pengujian dilanjutkan dengan uji korelasi dan uji konsistensi. Tahapan prosedur pengujiannya dapat dilihat pada diagram Tabel 1.

Tabel 1 Daftar kegiatan dan pengujian serta instansi yang mengusulkannya

Data	Kegiatan	Pengujian	Rekomendasi	Data	Kegiatan	Pengujian	Rekomendasi
	Prosedur Pengukuran	Digital			Prosedur Pengukuran	Digital	
		Grafik				Grafik	
	Metoda Pengukuran	Papan Duga			Metoda Pengukuran	Tipe bobot	
		AWLR Tipe Pelampung				Tiping Bucket	
		AWLR Tipe Tekanan				Tipe Pelampung	
	Validasi	Kurva Masa	WMO, Puslitbang		Analisa Tren	Kurva Masa	WMO, Puslitbang
		Analisa Frekwensi	SDA			Analisa Frekwensi	SDA
Muka Air		Moving Average		Hujan		Moving Average	
	Pengisian Data Hilang	Kurva Masa Ganda	WMO, Puslitbang		Pengisian Data Hilang	Kurva Masa	WMO, Puslitbang
		Moving Average	SDA			Moving Average	SDA
		Regresi dan Korelasi				Regresi dan Korelasi	
		Rasio Normal				Rasio Normal	
		Rata-rata arithmatik				Rata-rata arithmatik	
	Kompilasi Data	Distribusi frekwensi	WMO, Puslitbang		Kompilasi Data	Distribusi frekwensi	WMO, Puslitbang
		T test / Wilcoxon Test	SDA			T test / Wilcoxon Test	SDA
		F test				F test	
	Test Goodness of Fit	Chi square test	WMO, Puslitbang		Test Goodness of Fit	Chi square test	WMO, Puslitbang
		Kolmogorov-Smirnov Test	SDA			Kolmogorov-Smirnov Test	SDA
	Prosedur pengukuran	Pengukuran Langsung	WMO, Puslitbang		Prosedur pengukuran	Digital	WMO, Puslitbang
		Pengukuran Tak Langsung	SDA			Grafik	SDA
	Metode Pengukuran	Current meter			Metode Pengukuran	Metoda Energy - Budget	
		ADCP				Metoda Mass Transfer	
		Zat warna				Pan Evaporasi	
Debit	Analisa tren	Kurva masa	WMO, Puslitbang	Iklim	Analisa Tren	Kurva masa	WMO, Puslitbang
		Analisa frekwensi	SDA			Analisa frekwensi	SDA
		Metoda kwadrat terkecil				Metoda kwadrat terkecil	
		Moving Average				Moving Average	
	Pengisian data hilang	Kurva Masa	WMO, Puslitbang		Pengisian data hilang	Kurva Masa	WMO, Puslitbang
		Moving Average	SDA			Moving Average	SDA
		Regresi dan Korelasi				Regresi dan Korelasi	
		Rasio Normal				Rasio Normal	
		Rata-rata arithmatik				Rata-rata arithmatik	
	Kompilasi Data	Distribusi frekwensi	WMO, Puslitbang		Kompilasi Data	Distribusi frekwensi	WMO, Puslitbang
		T test / Wilcoxon Test	SDA			T test / Wilcoxon Test	SDA
		F test				F test	
	Test Goodness of Fit	Chi square test	WMO, Puslitbang		Test Goodness of Fit	Chi square test	WMO, Puslitbang
		Kolmogorov-Smirnov Test	SDA			Kolmogorov-Smirnov Test	SDA

Dalam tulisan ini akan disajikan contoh-contoh pengujian yang perlu dilakukan untuk suatu seri data hidrologi. Menilik untuk suatu kegiatan pengujian ada beberapa metoda yang telah dikembangkan maka pemberian contoh analisis pengujian dipilih untuk suatu tipe model pengujian. Sebagai contoh dalam pengujian kondisi data hidrologi dalam tulisan ini diambil data pengamatan hidrologi di Cimanuk hulu.

B Tahapan pengujian data hidrologi di Cimanuk hulu :

1) Perhitungan Tebal Aliran dan Besarnya Curah Hujan Tahunan

Besarnya tebal aliran di Cimanuk-Leuwigoong dapat dihitung dari tabel besarnya aliran tahunan (mm) yang diperoleh dari tabulasi data alirannya, sedangkan besarnya curah hujan dari pos yang ada didalam sub DAS atau DAS tersebut dapat dihitung dari besarnya rata-rata curah hujan tahunannya bila dalam sub DAS tersebut ada beberapa pos hujan.

Sebagai contoh, bila hanya ada satu pos hujan di sub DAS tersebut, maka total curah hujan pada pos tersebut akan digunakan untuk menghitung besarnya koefisien aliran tahunan dengan membagi tebal aliran dengan curah hujan tahunan dari sub DAS tersebut. Bila koefisien runoff tahunan melebihi 0,7 atau kurang dari 0,4, maka data debit aliran atau curah hujannya perlu diteliti lebih lanjut atau dicurigai akurasinya.

2) Pengeplotan Data Hidrologi

Data yang telah ditabulasikan selanjutnya diplot sesuai dengan perioda pencatatan data tersebut. Dari plot tersebut dapat diperiksa apakah data tersebut telah baik atau masih ada kecurigaan terhadap data ekstremnya, data yang terputus atau data yang mempunyai nilai yang sama untuk beberapa waktu. Plot data dapat terlihat apakah ada keganjilan ekstrim data, keganjilan dalam data berulang untuk beberapa kurun waktu atau adanya data kosong pada pengamatan di pos hidrologi.

3) Pengisian Data yang Kosong atau Hilang

Seringkali suatu seri data hidrologi yang teramati pada suatu pos tidak lengkap atau ada yang hilang. Terputusnya data ini dapat disebabkan oleh banyak hal seperti tidak berfungsinya peralatan pemantauan pada suatu perioda tertentu. Bila mana ada data yang hilang, pada suatu kasus dan analisis tertentu perlu melakukan pengisian data terhadap pos yang tidak ada datanya dengan data dari pos yang terdekat atau disekitarnya. Namun sebelum melakukan pengisian perlu dilakukan pengecekan apakah pos yang hilang tersebut homogen dengan pos yang akan digunakan sebagai pos referensi untuk pengisian. Analisis regresi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk pengisian data yang kosong tersebut bila terdapat hubungan yang baik antara kedua pos tersebut.

Prosedur untuk substitusi data yang kosong dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Pilih pos didekatnya yang mempunyai pengamatan data mencakup perioda yang datanya kosong.
- Tentukan karakteristik data dari pos referensi X_i , dan pos yang akan diisi datanya Y_i , dengan menghitung besarnya rata-rata \bar{x} , S_x untuk seri data X_i .

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (1)$$

$$s_x = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1) \right)^{1/2} \quad (2)$$

- Hitung nilai rata-rata \bar{y} dan standar deviasi S_y untuk seri data Y_i :

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n \quad (3)$$

$$s_y = \left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n-1) \right)^{1/2} \quad (4)$$

- Untuk perioda dimana kedua seri data tersedia, x_i and y_i adalah observasi dari masing-masing pengamatan untuk seri data X_i dan Y_i , serta n adalah jumlah data dari masing-masing seri.
- Tentukan persamaan regresi y dari x untuk kedua perioda data

$$\hat{y}_i = a + b x_i \quad (5)$$

$$b = \frac{cov_{xy}}{s_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (7)$$

- Dimana a dan b adalah konstanta regresi dan cov_{xy} adalah kovarian antara X_i and Y_i
- Plot semua titik x_i and y_i dan garis regresi dari data pengamatan, jika deviasi dari garis regresi meningkat dengan meningkatnya nilai y maka substitusi atau pengisian tidak direkomendasikan karena lokasi ini besar kemungkinan tidak homogen. Untuk itu perlu dicari pos lain didekatnya sebagai pos referensi.
- Hitung besarnya koefisien korelasi kedua seri data, r

$$r = \frac{cov_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^{1/2}} \quad (8)$$

- Jika nilai r^2 ($r^2 > 0.7$) dan nilai b bervariasi antara ($0.7 < b < 1.3$), ini mengidentifikasi kondisi yang baik dan cukup homogen untuk mengisi seri data yang kosong. Batasan nilai parameter r^2 dan b ini dapat digunakan dalam menentukan pos yang terbaik untuk dijadikan sebagai pos referensi untuk pengisian data.
- Hitung data untuk perioda-perioda yang kosong $k = n+1, n+2, \dots, m$ dengan menggunakan persamaan regresi

$$\hat{y}_k = a + b x_k \quad (9)$$

4) Analisis Pengujian Arah gejala

Analisis arah gejala digunakan untuk menemukan apakah seri data yang kita miliki adalah homogen atau tidak. Untuk melakukan pemeriksaan ini dilakukan pengujian apakah seri data tersebut acak. Jika seri data tersebut menunjukkan adanya arah gejala maka sebelum data tersebut digunakan perlu dilakukan penghilangan arah gejala tersebut dengan beberapa pendekatan seperti moving average atau seri data tersebut di standarisasi ke distribusi normal. Untuk melakukan pengujian arah gejala tersebut dilakukan pengujian titik belok dimana hasilnya perlu mengikuti hipotesis H_0 : seri data adalah acak dan tidak ada arah gejala atau H_a : seri datanya memiliki arah gejala.

Untuk suatu seri data yang bebas ketidaktergantungan, N adalah jumlah data, dan T adalah distribusi normal dengan

$$\text{Rata-rata} = 2(N-2) \text{ dan} \quad (10)$$

$$\text{Standar deviasi} : = [(16N-29)]^{0.5} \quad (11)$$

Nilai Standar dari T adalah (t) = T-rata rata dibagi Standar deviasi

Jika nilai t dalam batas $\pm 1,96$ untuk 5% tingkat signifikan, diputuskan bahwa seri adalah acak. Jika seri tidak acak, nilai arah gejala harus diperkirakan dari metoda kwadrat terkecil atau moving average. Contoh pengujian seri data dari pos pengamatan hidrologi apakah seri datanya mempunyai arah gejala atau tidak dapat dilihat pada bab hasil dan pembahasan.

Pendekatan yang umum digunakan dalam mendeteksi arah gejala adalah memformulasikan model linear antara nilai data dan waktu dalam bentuk persamaan (Hameed, et al, 1998).

$$Y_i = a + b \cdot i + v_i \quad (12)$$

Dimana Y_i , $i=1,2,\dots,n$ adalah jumlah data, a dan b adalah parameter koefisien regresi dan v_i adalah kesalahan acak (random error) dengan rata-rata nol dan variasi $(S_v)^2$.

Tahapan pengujian arah gejala adalah sebagai berikut :

- a) Pilih seri data yang akan diuji Y_i , $i=1,2,\dots,n$
- b) Hitung Spearman 's rank metoda korelasi : R_{yi} , K_{xi} dan K_{yi} dimana r_s atau R_{yi} adalah koefisien Spearman, K_{xi} nilai urutan dari variabel x, dan K_{yi} adalah seri dari observasi dari nilai Y_i yang telah diurutkan.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (13)$$

- c) Hitung besarnya t_t (distribusi dari student's test dengan $v = n - 2$)

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}}$$

- d) Dapatkan nilai kritis dari t distribusi untuk pemilihan derajat signifiacance (α) dan $n - 2$ tingkat kebebasan (degree of freedom) dinyatakan dalam $\pm t_{\alpha \text{ atau } 2, n-2}$.
- e) Hitung besarnya nilai t dari persamaan (3-14) dengan nilai kritis. Tolak H_0 jika $t > t_{\alpha \text{ atau } 2, n-2}$ atau $t < - t_{\alpha \text{ atau } 2, n-2}$

5) Analisis dari Pengujian Homogenitas Dari Suatu Seri Data.

Pengumpulan data hidrologi pada suatu pos pengamatan selama suatu perioda dari beberapa tahun mungkin tidak homogen. Sebagai contoh, suatu seri data yang merepresentasikan suatu variable hidrologi tertentu dapat menunjukkan suatu perubahan yang sekonyong-konyong dari rata-ratanya, dan standar deviasinya terhadap data aslinya. Fenomena ini dapat terjadi karena beberapa penyebab di antaranya karena perubahan dari peralatan, teknik pengamatan dan perubahan lingkungan seperti urbanisasi atau adanya pengembangan suatu daerah untuk permukiman atau industri atau irigasi.

Perubahan dalam pengumpulan data disebabkan oleh :

- Perubahan dalam jenis sensor peralatan
- Perubahan dari pengamat dan atau waktu observasi
- Petugas pengumpul data yang malas
- Tidak berfungsinya peralatan karena rusak
- Peralatan sudah tua belum pernah dikalibrasi
- Kesalahan dalam mengkalibrasi koefisien
- Variasi atau lemahnya baterai peralatan hidrologi
- Perubahan lingkungan seperti bertumbuhnya pohon atau bangunan disekitar peralatan hidrologi
- Perubahan lokasi dari pos hidrologi

Perubahan tersebut di atas mengakibatkan perubahan populasi dari data yang dikumpulkan antara sebelum dan sesudah perubahan, sehingga perlu mengaplikasikan tehnik yang tepat untuk mengevaluasi apakah suatu seri data tersebut dapat dianggap homogen, jika tidak perlu dilakukan koreksi. Untuk melakukan koreksi diperlukan suatu identifikasi terhadap perioda mana data yang perlu dikoreksi sehingga informasi dari lapangan sangat dibutuhkan.

Perbandingan statistik antara dua seri data telah sering dilakukan, satu seri dianggap homogen dan dinyatakan dalam pengamatan X_i , dan yang lainnya dianalisis yang dinyatakan dalam Y_i dari varaibel hidrologi yang sama. Kedua seri data X_i and Y_i harus dikumpulkan dari dua pos yang mempunyai karakteristik hidrologi yang sama. X_i dan Y_i dan harus menggambarkan arah gejala yang sama dalam waktu meskipun mempunyai variabilitas lokasi dalam skala dan waktu harian atau mingguan yang digunakan.

Pos observasi yang mempunyai seri X_i dipilih dari suatu pos pengamatan yang datanya dapat dianggap homogen dan mempunyai waktu pengamatan yang sama dengan observasi seri data Y_i .

Bilamana dalam suatu wilayah iklim, tidak ada informasi berkaitan dengan homogenitas dari data, maka rata-rata observasi dari variable yang sama untuk semua pos (tidak termasuk yang sedang dianalisis) $\bar{X}_i = \sum X_{ij} / m$ dapat digunakan sebagai seri data yang homogen.

A Pengujian Homogenitas dengan Metoda Residu Kumulatif

Bilamana ada dua seri data dari dua pos hidrologi dimana pos pertama dianggap homogen, dan seri data dari pos kedua dapat dianggap homogen jika kumulatif residu dari seri data kedua terhadap garis regresi yang dibentuk oleh seri data pertama tidak bias. Pengujian tentang bias tidaknya dapat diuji untuk suatu probabilitas (p). Hal ini dilakukan dengan melakukan verifikasi apakah residunya masuk dalam elip yang dibuat dan mempunyai absis α dan ordinat β . Besarnya α dan β sangat tergantung pada jumlah data, standar deviasi dari sampel data dan probabilitas yang digunakan untuk menguji hipotesis tersebut.

Pengujian ini menggunakan hasil residu dari regresi linear dari Y terhadap X . Residu harus mengikuti distribusi normal dengan rata-rata nol dan standar deviasi $s_{y,x}$, i.e. error $\varepsilon_i \in N(0, s_{y,x})$. residu dari regresi harus dianggap variable acak yang bebas.

Berikut ini adalah tahapan yang dilakukan untuk analisis homogenitas dari suatu seri data Y_i dapat disarikan sebagai berikut:

- Pilih atau tetapkan suatu pos hidrologi sebagai pos referensi dalam suatu area iklim yang sama dan dinyatakan dalam suatu seri data yang homogen dari X_i dari variable iklim yang sama. Sebagai suatu alternatif, buat suatu seri data regional yang homogen dengan merata-ratakan semua pos hidrologi dari variable yang sama di dalam area atau regional tersebut.
- Menyiapkan seri data x_i and y_i dalam urutan kejadian $i = 1, 2, \dots, n$, dimana awal waktu mulai dan pertambahan waktu adalah sama untuk kedua seri data.
- Untuk kedua seri data, hitung rata-rata, standar deviasi untuk variable yang homogen (x_i) dan variable yang akan diuji (y_i).

- Hitung garis regresi antara kedua variabel y_i and x_i dan koefisien korelasi diantaranya ditentukan dari (persamaan 8). Persamaan regresi diantaranya kedua variabel tersebut dinyatakan sebagai

$$\hat{y}_i = a_f + b_f x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (15)$$

Dimana notasi f menyatakan semua seri, plot x_i, y_i dan garis regresi dapat menggambarkan hypothesis homogenitas antara kedua seri data dapat diterima.

Kedua seri data dapat dikatakan homogen jika nilai residual ε_i dari variabel yang ketergantungan ke garis regresi (persamaan 5) dapat dianggap sebagai variabel acak yang bebas. Hal ini dapat dilihat jika perbedaan atau deviasi dari y_i ke prakiraan regresi \hat{y}_i adalah dalam batas yang sama untuk semua x_i , jika deviasi tidak meningkat dengan meningkatnya nilai dari x_i .

- Hitung nilai residual dari data observasi y_i ke garis regresi (Persamaan 5), standar deviasi $s_{y,x}$ dari residual dan kumulatif residual E_i

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i \quad (16)$$

$$s_{y,x} = s_y (1 - r^2)^{1/2} \quad (17)$$

$$E_i = \varepsilon_i + \sum_{j=1}^{i-1} \varepsilon_j \quad (j = 1, \dots, i-1) \quad (18)$$

- Tentukan suatu nilai probabilitas untuk suatu hypothesis dari homogenitas yang dapat diterima. Nilai $p = 80\%$ adalah yang umumnya digunakan. Lalu hitung parameter elips

$$\alpha = n \text{ atau } 2 \quad (19)$$

$$\beta = \frac{n}{(n-1)^{1/2}} Z_p s_{y,x} \quad (20)$$

dimana :

n adalah jumlah dari sample data dalam analisis

Z_p standar normal variate untuk probabilitas p (umumnya $p = 80\%$ untuk kemungkinan tidak terjadi), lihat Tabel 2 dan $s_{y,x}$ standar deviasi dari residu y (persamaan 17)

Persamaan dari elips :

$$X = \alpha \cos(\theta) \quad (21)$$

$$Y = \beta \sin(\theta) \text{ dengan } \theta [\text{rad}] \text{ bervariasi } 0 \text{ to } 2\pi.$$

Tabel 2 Nilai dari standar normal variate Z_p , untuk suatu probabilitas kemungkinan tidak terjadi.

Tabel 2 Nilai Standar Normal Variate

p (%)	z _p	p (%)	z _p
50	0.00	80	0.84
60	0.25	85	1.04
70	0.52	90	1.28
75	0.67	95	1.64

Catatan: Karena distribusi normal simetris maka nilai dari $p < 50\%$ adalah $(100 - p)$ tetapi dengan nilai yang berlawanan (negative). Contoh: $p = 20\%$ diidentikkan dengan $z = -z_{80} = -0.84$

Jadi dapat disimpulkan bahwa pada suatu tingkat probabilitas p , tidak ada bias dalam distribusi dari residualnya sehingga seri data E_i dianggap homogen, jika besarnya nilai jatuh didalam elips (Persamaan 21)

- g) Plot kumulatif residual E_i dengan skala waktu
- h) Gambar elips pada plot yang sama dan uji apakah semua nilai E_i jatuh didalam elips. Jika demikian, maka the hypothesis dari homogenitas dapat diterima pada tingkat kepercayaan probabilitas (p).
- i) Jika hypotesis dari komogenitas tidak dapat diterima, lalu suatu titik balik dapat dipilih, dimana akan tampak bahwa E_i akan berhenti meningkat atau menurun. Misal titik yang diluar dimulai dari $k=i$
- j) Seri data dibagi dalam dua sub seri, seri pertama 1 sampai k , kedua dari $k+1$ sampai ke n . Lalu persamaan regresi dihitung antara Y dan X untuk kedua sub seri. Jika diasumsikan bahwa sub seri kedua adalah homogen tetapi yang pertama tidak homogen maka persamaannya menjadi

$$\hat{y}_i = a_{nh} + b_{nh} x_i \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (22)$$

dan

$$\hat{y}_i = a_h + b_h x_i \quad (i = k+1, k+2, \dots, n) \quad (23)$$

Dimana notasi h dan nh mengidentifikasi koefisien regresi dari homogen dan non homogen sub seri data.

B Teknik Kurva Masa Ganda

Teknik kurva masa ganda adalah sangat bermanfaat untuk menguji homogenitas dari parameter data. Kurva masa ganda memerlukan seri data dari dua pos hidrologi dimana X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) adalah seri data yang berurutan untuk suatu variabel observasi dari

suatu perioda waktu pada suatu pos referensi yang diasumsikan homogen dan Y_i adalah suatu seri data untuk variabel yang sama dan panjang data yang sama teramati pada pos lainnya yang mana akan diuji atau dianalisis homogenitasnya.

Dalam teknik kurva masa ganda, mulai dari pertama, observasi dari pasangan nilai X_1 dan Y_1 , kumulatif seri data akan dibangun dengan menjumlahkan nilai dari X_i dan Y_i untuk memeriksa apakah arah gejala jangka panjang dari variasi X_i and Y_i adalah sama. Jadi kumulatif variabel dapat diperoleh.

$$x_i = X_i + \sum_{j=1}^{i-1} X_j \quad (24)$$

dan

$$y_i = Y_i + \sum_{j=1}^{i-1} Y_j \quad (25)$$

dengan $i = 1, \dots, n$ dan $j = 1, \dots, i - 1$.

Variabel x_i and y_i dianggap sebagai variabel acak dan dikarakteristikkan oleh rata-rata dan standar deviasi (Persamaan 3-1 sampai 3.4). Variabel x_i and y_i dapat dikorelasikan melalui regresi linear (Persamaan 3-5 ke 3-8) meskipun tehnik kurva ganda secara tipikal diaplikasikan sebagai suatu prosedur grafis.

Aplikasi secara grafis dari analisis kurva masa ganda dilakukan dengan pengeplotan semua titik koordinat x_i dan y_i . Hasil pengeplotan dapat dilihat apakah titik x_i and y_i mengikuti suatu garis lurus, yang berarti menggambarkan homogenitas dari seri data Y_i ke seri data X_i . Jika ada patahan dari plot y_i to x_i , maka itu mengindikasikan bahwa seri data Y_i atau mungkin X_i adalah tidak homogen. Ordinat patahan x_k and y_k dapat digunakan untuk memisahkan dua sub seri ($i = 1, 2, \dots, k$) and $(k + 1, k + 2, \dots, n)$. Salah satu dari sub seri harus dikoreksi. Cara yang tepat dalam melakukan koreksi adalah melakukan konsultasi tentang pencatatan di pos hidrologi agar penyebab dari patahan dapat diketahui.

6) Pengujian Kestinambungan (Persistence)

Serial koefisien korelasi dapat digunakan untuk memeriksa ketidaktergantungan dari suatu seri data. Jika suatu seri data bebarbenar acak, populasi dari fungsi auto korelasinya akan sama dengan nol untuk semua lag. Jika nilai korelasinya sama dengan 1, maka data dari tiap tahun atau bulan mempunyai korelasi yang sangat kuat. Berdasarkan Box and Jenkins (1970), serial koefisien korelasi dapat ditentukan sebagai berikut :

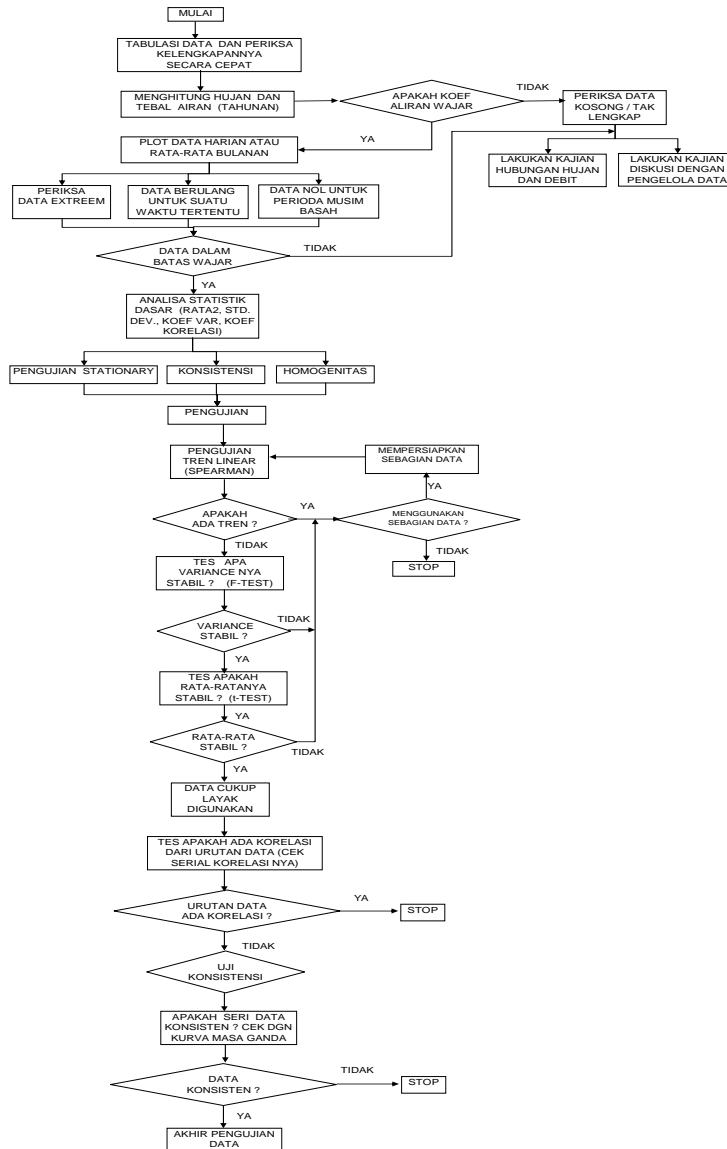
$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) * (x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})} \tag{26}$$

Dimana X_i adalah data observasi, X_{i+1} adalah data tahun atau bulan selanjutnya, n adalah jumlah data, dan \bar{x} adalah rata-rata.

Setelah menghitung nilai r , selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis $H_0 : r_1=0$ (tidak ada korelasi antara data yang berurutan (sebelum dan sesudahnya), $H_1 : r_1 < > 0$, Anderson (1942) mendefinisikan suatu batas kritis U pada 5% derajat signifikan nya dengan formula sebagai berikut:

Dalam kajian ni dicoba untuk menyelidiki data debit tahunan di Pos Leuwigoong,

$$\{-1, (-1 - 1.96(n-2)^{0.5}) / (n-1)\} \cup \{(-1 + 1.96(n-2)^{0.5}) / (n-1), +1\} \tag{27}$$



Gambar 2 Tahapan Pengujian Data Hidrologi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Koefisien runoff merupakan uji mutu yang sangat diperlukan apakah data layak untuk digunakan dalam suatu analisis. Dengan mengetahui besarnya tinggi atau tebal aliran tahunan dan besarnya curah hujan rata-rata dalam DAS tersebut dapat

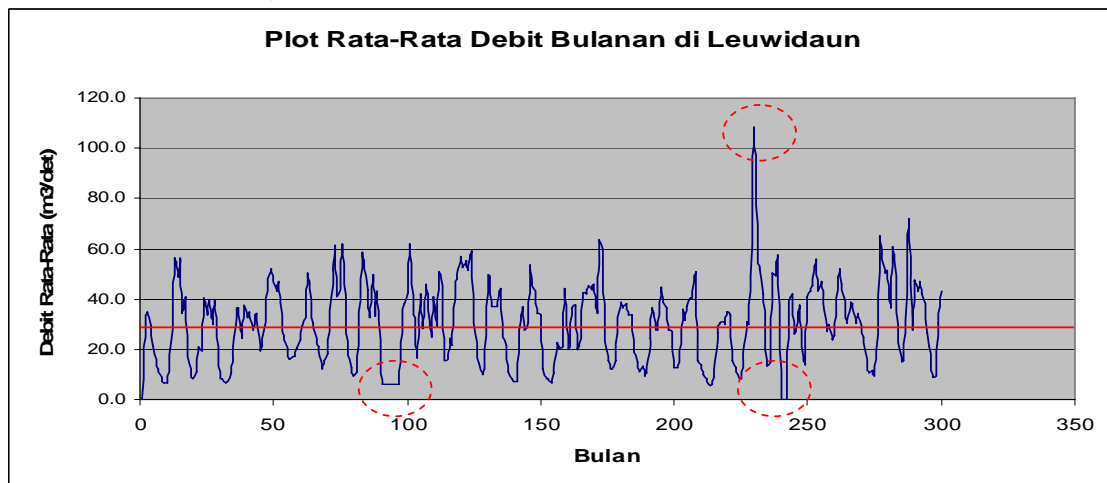
diketahui besarnya koefisien runoff. Dari analisis terhadap contoh data di Leuwigoong terlihat bahwa ada beberapa tahun yang koefisien alirannya diluar kewajaran lebih besar dari 0.8 dan lebih kecil dari 0.36. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Tabel perhitungan koefisien aliran tahunan di Leuwigoong

Tahun	Total Tebal Aliran (mm/tahun)	Hujan Garut (mm/tahun)	Kofisien Aliran	X_i	$X_i - X_{rata}$	$(X_i - X_{rata})^2$
1978	1318,66	2045,51	0,64	0,64	0,00	0,0000
1979	1369,88	1980,85	0,69	0,69	0,05	0,0024
1986	1646,01	2301,50	0,72	0,72	0,07	0,0052
1987	1048,27	1523,70	0,69	0,69	0,05	0,0020
1988	1881,71	2051,70	0,92	0,92	0,27	0,0752
1989	1308,56	1618,90	0,81	0,81	0,17	0,0274
1997	663,95	994,00	0,67	0,67	0,03	0,0006
1998	2026,70	2957,70	0,69	0,69	0,04	0,0018
2000	1300,06	2684,60	0,48	0,48	-0,16	0,0252
2001	1069,67	2958,20	0,36	0,36	-0,28	0,0791
2002	801,67	1679,80	0,48	0,48	-0,17	0,0274
2005	1004,71	1753,00	0,57	0,57	-0,07	0,0049
Rata-rata				0,64		0,02
					Std. Dev	0,145
					Koef. Variance	0,225

Dari Tabel diatas terlihat ada beberapa tahun yang perlu dilakukan pengecekan yaitu pada tahun 1988, 1989 dan 2001. Analisis sederhana ini dapat memberikan peringatan ke pengelola atau pengguna untuk lebih mempelajari data pada tahun-tahun yang hasil koefisiennya diluar kewajaran. Kesalahan yang mungkin terjadi ini dapat disebabkan karena banyak faktor diantaranya adalah rating curve, dimana hubungan antara muka air dan debitnya tidak tetap atau tidak konsisten berubah-ubah dan tidak termodifikasi setiap tahunnya atau kesalahan dalam menentukan luasnya sub DAS.

Penulis melakukan pengeplotan debit, yang dalam tulisan ini diambil data dari Leuwidaun. Pada plot ini pengguna data hidrologi perlu mewaspadaai beberapa perioda data yang menunjukkan keganjilan seperti terlihat pada Gambar 3. Kesalahan data pada perioda pertama dapat disebabkan karena adanya sedimentasi yang tinggi disekitar bangunan, perioda kedua dicurigai adanya outlier yang perlu diuji lebih lanjut, sedangkan perioda 3 besar kemungkinan karena adanya kesalahan dalam peralatan AWLR nya.



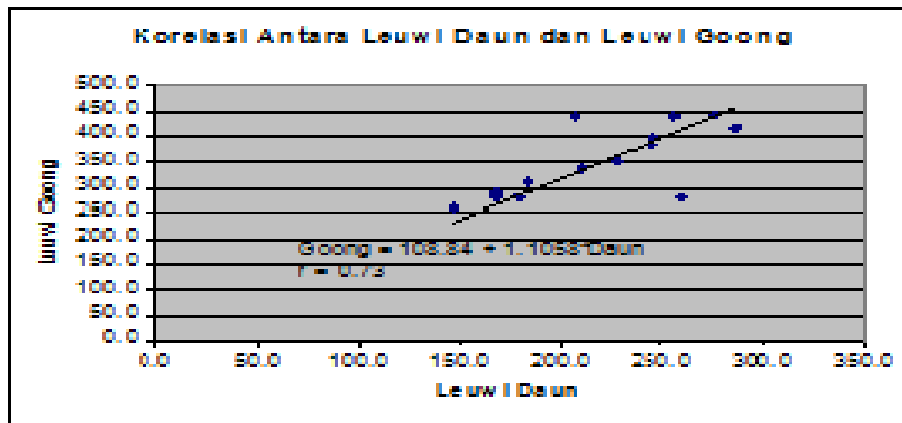
Gambar 3 Plot Data Hidrologi

Data hidrologi yang dikumpulkan untuk analisis sering dihadapkan pada permasalahan tidak lengkap, banyak yang kosong atau tidak ada data, seperti pada perioda 3, gambar diatas, untuk pengisian data yang kosong, penulis melakukan korelasi antara pos duga muka air di hulu dan di hilir. Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan yang dapat dilakukan untuk pengisian data yang hilang dengan mengkorelasikan pos duga muka air di Leuwidaun dan Leuwigoong (Tabel 4

dan Gambar 4). Dari hasil korelasi tersebut terlihat bahwa nilai korelasinya tidak terlalu tinggi, dibawah 0.8, ini berarti bahwa debit di hulu dan di hilir, tidak selalu memiliki korelasi yang baik. Penulis memperkirakan rendahnya nilai korelasi tersebut disebabkan karena adanya faktor lain diantara pos di hulu dan di hilir tersebut seperti hujan lokal diantaranya yang sangat mempengaruhi hubungan tersebut.

Tabel 4 Analisis Korelasi untuk mengisi data yang hilang

$(Y_i - Y_{rata})$	$(X_i - X_{rata}) * (Y_i - Y_{rata})$	$(X_i - X_{rata})^2$	$(Y_i - Y_{rata})^2$
1.0	8.1	60.9	1.1
88.1	-1061.9	145.2	7765.2
-68.3	3433.0	2529.5	4659.1
88.3	3355.5	1443.0	7802.6
65.5	4468.8	4657.3	4288.0
92.1	5264.8	3266.9	8484.7
-62.5	3148.5	2538.0	3905.9
-41.7	1470.4	1244.8	1736.9
30.9	818.3	702.3	953.6
45.7	1273.4	776.4	2088.5
-68.4	2731.8	1595.4	4677.4
-13.1	110.0	71.0	170.5
-89.4	6325.1	5010.4	7984.8
-68.4	-2846.9	1730.8	4683.0
	28499.0	25772.0	59201.2
b		1.105811273	
a		108.845818	
r		0.729608594	



Gambar 4 Korelasi Dua Pos di Leuwidaun dan Leuwigoong

Selanjutnya data hidrologi yang akan digunakan untuk analisis dilakukan pengujian apakah seri data tersebut mengikuti suatu arah gejala positif atau arah gejala negatif. Sebagai contoh penulis menguji salah satu pos hujan yang ada di DAS Cimanuk hulu-Pos Samarang (Tabel 5), untuk itu data hujan dari tiap tahun dievaluasi apakah berada dalam interval besaran

data hujan tahun sebelum dan sesudahnya, bila tidak beri tanda "yes" dan bila ya diberi tanda "no", selanjutnya nilai "yes" dapat dijumlahkan dan dihitung rata-rata, standar deviasi, t test, jika nilai $t <$ dari yang diijinkan, maka arah gejala tidak ada atau data adalah merupakan seri yang acak.

Tabel 5 Contoh Pengujian Pos Hujan untuk analisa arah gejala

n	21			
No	Data Hujan	Pos Hujan Samarang Range (Batas)		
1	1539			
2	4514	1539<4514>1828	yes	1
3	1828	4514>1828>1744	no	1
4	1744	1828>1744<2367	yes	2
5	2367	1744<2367>1665	yes	3
6	1665	2367>1665<1765	yes	4
7	1765	1665<1765<2025	no	4
8	2025	1765<2025>1148	yes	5
9	1148	2025>1148<1151	yes	6
10	1151	1148<1151<2090	no	6
11	2090	1151<2090>2083	yes	7
12	2083	2090>2083>1667	no	7
13	1667	2083>1667<2812	yes	8
14	2812	1667<2812>2041	yes	9
15	2041	2812>2041>1584	no	9
16	1584	2041>1584<2252	yes	10
17	2252	1584<2252<3006	no	10
18	3006	2252<3006>1362	yes	11
19	1362	3006>1362<1412	yes	12
20	1412	1362<1412>1277	yes	13
21	1277			
			T	13
			N	21
			mean	12.66666667
			Std Dev.	1.846919357
			t	0.180480719
			t(t-α/2)	1.96
		t < t(t-α/2)	Null Hypothesis Accepted :	
			Data Random, No Tren Seris	

Pengujian ada atau tidak adanya arah gejala dapat dilakukan dengan metoda Spearman. Suatu excell program dikembangkan untuk mempercepat perhitungan pengujian ini. Tabel 6 adalah contoh dari analisis arah gejala dengan metoda Spearman dimana dengan memasukkan data yang akan diuji

maka akan dapat diketahui secara cepat apakah seri data tersebut mengikuti suatu arah gejala atau tidak. Suatu contoh analisis dilakukan untuk Pos hujan di Samarang dimana terlihat dari hasil analisis bahwa tidak ada arah gejala dalam seri data di Samarang tersebut.

Tabel 6 Pengujian Data Hujan dengan Metode Spearman

Pos Curah Hujan Semarang							
n	21						
i	Data	Data Terurut	Kxi	Kyi	D=Kxi-Kyi	D^2	Data Sort I
1	1539	1148	1	9	-8	64	9 1148
2	4514	1151	2	10	-8	64	10 1151
3	1828	1277	3	21	-18	324	21 1277
4	1744	1362	4	19	-15	225	19 1362
5	2367	1412	5	20	-15	225	20 1412
6	1665	1539	6	1	5	25	1 1539
7	1765	1584	7	16	-9	81	16 1584
8	2025	1665	8	6	2	4	6 1665
9	1148	1667	9	13	-4	16	13 1667
10	1151	1744	10	4	6	36	4 1744
11	2090	1765	11	7	4	16	7 1765
12	2083	1828	12	3	9	81	3 1828
13	1667	2025	13	8	5	25	8 2025
14	2812	2041	14	15	-1	1	15 2041
15	2041	2083	15	12	3	9	12 2083
16	1584	2090	16	11	5	25	11 2090
17	2252	2252	17	17	0	0	17 2252
18	3006	2367	18	5	13	169	5 2367
19	1362	2812	19	14	5	25	14 2812
20	1412	3006	20	18	2	4	18 3006
21	1277	4514	21	2	19	361	2 4514
					Total	1780	
					Rsp	-0.15584	
					tt	-0.68771	
			v	19	t	2.09	
			-2.09	-0.68771	2.09	No Trend	

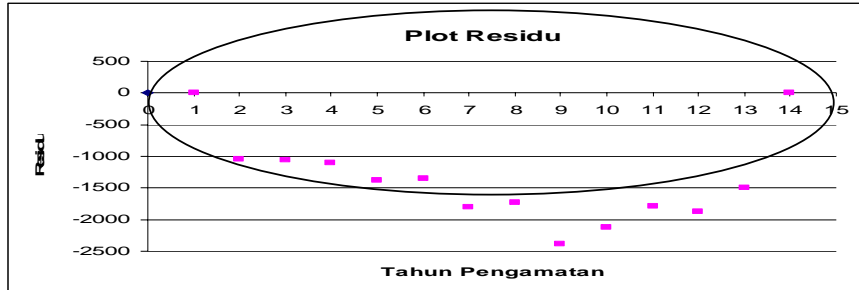
Nilai Batas sebagai fungsi dari jumlah data

	p=P(t<tp)	0.025	0.975
v	4	-2.78	2.78
v	5	-2.57	2.57
v	6	-2.54	2.54
v	7	-2.36	2.36
v	8	-2.31	2.31
v	9	-2.26	2.26
v	10	-2.23	2.23
v	11	-2.2	2.2
v	12	-2.18	2.18
v	14	-2.14	2.14
v	16	-2.12	2.12
v	18	-2.1	2.1
v	20	-2.09	2.09
v	24	-2.06	2.06
v	30	-2.04	2.04
v	40	-2.02	2.02
v	60	-2	2
v	100	-1.98	1.98
v	160	-1.97	1.97
v	Tak Terhingga	-1.96	1.96

v = n-2
dimana n = jumlah data

Pengujian yang juga dilakukan pada tulisan ini adalah pengujian homogenitas. Ada beberapa metoda yang diaplikasikan seperti perhitungan kumulatif residu, dimana suatu seri data dikatakan homogen dengan seri data lainnya bila residu nya

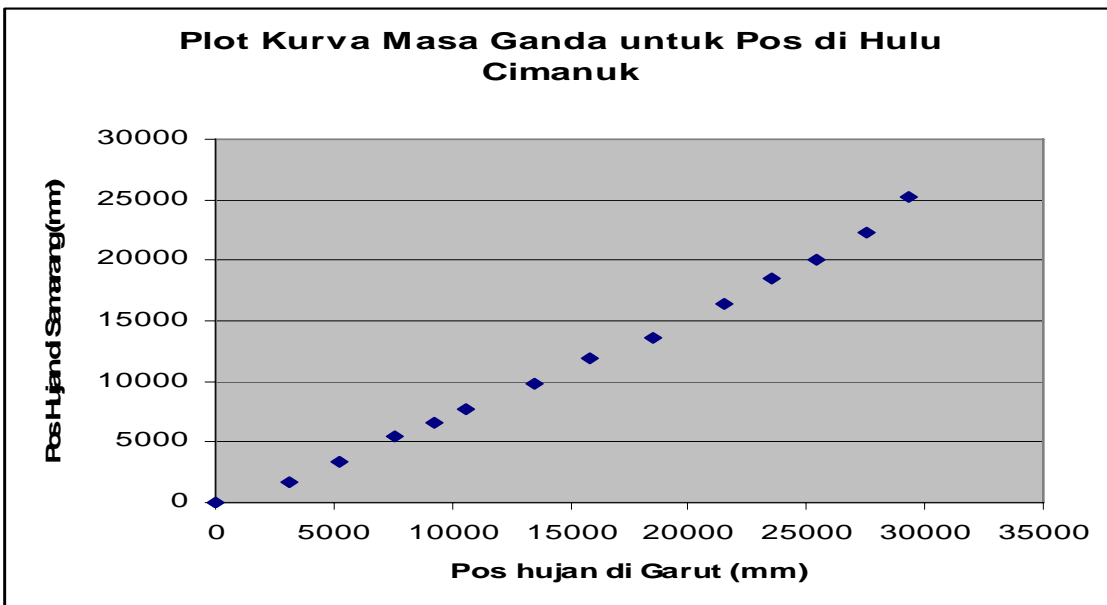
berada didalam suatu elips yang ditentukan probabilitasnya. Contoh analisis residu kumulatif dengan menggunakan data pos hujan di Garut dan Samarang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Plot dari kumulatif residuals dengan waktu dan elips untuk suatu probabilitas $p=80\%$, mengindikasikan bahwa seri data Y adalah tidak seluruhnya homogen ke seri data X

Pengujian homogenitas juga dilakukan dengan melakukan analisis kurva masa ganda, dimana kumulatif antara kedua pos diplot apakah didapatkan garis lurus atau garis yang patah pada suatu atau beberapa titik. Patahan menunjukkan bahwa data tersebut tidak homogen.

Pengujian ini lebih sederhana pelaksanaannya dibanding dengan analisis residu kumulatif. Hasil pengujian untuk pos hujan di Garut dan pos hujan di Samarang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Analisis Kurva Masa Ganda diaplikasikan ke dua eri curah hujan jika data dari pos Y tidak homonen

Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui apakah seri data yang kita akan gunakan untuk analisis mempunyai hubungan serial korelasi.

Berikut ini adalah pengujian terhadap data hujan di Garut dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 dibawah ini merupakan hasil analisis perhitungan koefisien serial korelasi di Pos tersebut.

n	25					
i	TAHUN	Xi	Xi - Rata ²	Xi+1 - Rata ²		(Xi - Rata ²) ²
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)(5)	(7)=(6) ²
1	1965	869	-404.4	-10.4	4205.76	163539.36
2	1966	1263	-10.4	-398.4	4143.36	108.16
3	1967	875	-398.4	47.6	-18963.84	158722.56
4	1968	1321	47.6	-37.4	-1780.24	2265.76
5	1969	1236	-37.4	-57.4	2146.76	1398.76
6	1970	1216	-57.4	242.6	-13925.24	3294.76
7	1971	1516	242.6	-297.4	-72149.24	58854.76
8	1972	976	-297.4	243.6	-72446.64	88446.76
9	1973	1517	243.6	164.6	40096.56	59340.96
10	1974	1438	164.6	256.6	42236.36	27093.16
11	1975	1530	256.6	-277.4	-71180.84	65843.56
12	1976	996	-277.4	-205.4	56977.96	76950.76
13	1977	1068	-205.4	45.6	-9366.24	42189.16
14	1978	1319	45.6	96.6	4404.96	2079.36
15	1979	1370	96.6	-297.4	-28728.84	9331.56
16	1980	976	-297.4	-106.4	31643.36	88446.76
17	1981	1167	-106.4	-370.4	39410.56	11320.96
18	1982	903	-370.4	-298.4	110527.36	137196.16
19	1983	975	-298.4	644.6	-192348.64	89042.56
20	1984	1918	644.6	227.6	146710.96	415509.16
21	1985	1501	227.6	372.6	84803.76	51801.76
22	1986	1646	372.6	-225.4	-83984.04	138830.76
23	1987	1048	-225.4	608.6	-137178.44	50805.16
24	1988	1882	608.6	35.6	21666.16	370393.96
25	1989	1309	35.6	0	0	1267.36
	Rata-rata	1273.4				
	Jumlah				-113078.36	2112806.64
				Korelasi @	-0.053520449	
				-0.43332624	-0.05352	0.349992908
				LCL	< r <	UCL
				TIDAK ADA KORELASI ANTARA DATA TAHUNANNYA		

Dengan diuraikannya tahapan dalam pengujian data hidrologi dapat memberikan gambaran tentang pentingnya pengujian data untuk pemanfaatan data tersebut bagi pengelolaan sumber daya air. Dengan melakukan tahapan pengujian ternyata dapat menemukan banyak sekali kesalahan dalam data yang dikumpulkan dari lapangan, sehingga membuat pengelola dan penganalisa data lebih berhati-hati dalam melakukan pengolahan data hidrologi. Dari beberapa pengujian yang dilakukan dapat dilihat atau ditemukan hal-hal sebagai berikut :

- Data yang terkumpul banyak yang tidak lengkap, ada beberapa hari atau bulan data kosong, untuk itu cara pengisian data yang telah diuraikan dapat digunakan untuk pengisian data lainnya yang kosong.
- Format data publikasi harus mencantumkan tingginya aliran, untuk memudahkan dalam analisis kendali mutu data. Format baru publikasi di daerah tidak mencantumkan tebalnya atau tingginya aliran
- Dari analisis perhitungan koefisien aliran tahunan, dapat diidentifikasi secara dini atau cepat apakah data yang dikumpulkan baik atau dicurigai atau salah.
- Dari analisis ini sering ditemukan bahwa ketidak wajarannya koefisien aliran ini disebabkan

oleh pembacaan data grafik yang salah, salah dalam rating curve atau tidak stabil karena dasar sungainya berpasir, kesalahan dalam menghitung luas DAS, kesalahan dalam peralatan.

- Dengan dilakukannya pengujian arah gejala dapat diketahui bahwa seri data tersebut tidak layak untuk digunakan dalam analisis frekwensi atau analisis model lainnya.
- Menilik akan data yang cukup banyak (hujan, debit, iklim) bila dilakukan pengujian secara manual untuk tiap posnya akan memakan waktu yang sangat banyak, untuk itu penulis mencoba untuk mengembangkan atau menyiapkan format perangkat lunak sederhana yang dapat digunakan untuk menguji data tersebut dengan berbagai tahapan pengujian.

KESIMPULAN

Dari kajian kendali mutu data hujan yang dikumpulkan dari para pengelola hidrologi di daerah dapat disimpulkan bahwa hanya 80% dari data yang dikumpulkan cukup baik sedangkan yang 20% diragukan dan besar kemungkinan salah atau dari jumlah 2239 pos pengamatan yang terdiri dari 8 buku, ada 466 pos atau sebesar 20.8% dari curah hujan datanya diragukan kualitasnya.

Buku	Jumlah Pos	Diberi Tanda
		Data Yang Diragukan
1	220	41
2	339	80
3	253	26
4	234	72
5	266	22
6	295	87
7	373	87
8	259	51
	2239	466

Data muka air yang telah melalui kendali mutu pengelolaan untuk menjadi data debit dan yang berhasil dipublikasikan kurang lebih sebanyak 604 pos, masih ada pos-pos yang perlu diklarifikasikan dengan daerah tentang ketidakwajaran yang ditemukan.

Prosedur pengujian data yang telah diuraikan disertai dengan contoh pengujiannya dapat dijadikan pedoman dalam pengujian data lainnya.

Perangkat lunak untuk pengujian data telah berhasil disiapkan untuk memeriksa kualitas dan validitas data hidrologi.

Pedoman selengkapnya tentang pengolahan data ini sedang disiapkan dan akan segera dipublikasikan dan disosialisasikan.

Mempelajari tahapan pengujian untuk kendali mutu data hujan, data debit dan data iklim, sehingga dapat diaplikasikan oleh pengelola hidrologi dalam melakukan kendali mutu pengelolaan sebelum datanya diberikan ke instansi lainnya atau dipublikasikan.

Bagi pengelola yang masih mengalami kesulitan dalam pengujian data hidrologi, dapat berkonsultasi dengan Balai Hidrologi dan Tata Air, Pusat Ltbang SDA, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R.L. 1942. Distribution of the Serial Correlation Coefficient. In: *Annals of Mathematical Statistics* 13:1-13
- Antonopoulos, V.Z., Papamichail, D.M., and Mitsiou, K.A. 2001. Statistical and Trend Analysis of Water Quality and Quantity Data for the Strymon River in Greece, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4), 679-691.
- Adeloye, A.J. and Montaseri, M. 2005. Preliminary streamflow data analysis prior to water resources planning study, *Hydrological Sciences Journal*, 47(5).
- Box, G.P. and G.M. Jenkins 1976. *Time-Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco

- Dahmen, E.R. and Hall, M.J. 1990. Screening of Hydrological Data, Publication No. 49, ILRI, DHV Consultant and HALCROW, TAHAL.
2002. How to do hydrological data validation using hydrological models, Newdelhi,
- Dubreuil, P. 1974. *Initiation à l'analyse hydrologique*. Masson & Cie. et ORSTOM, Paris.
- Haan, C. T. 1977. *Statistical Methods in Hydrology*. The Iowa State University Press, Ames.
- Hameed, T., Marino, M. A., DeVries, J. J. & Tracv, j. C. 1998. Method for trend detection in climatological variables. *Journal Hydrol Engng ASCE* 2(4), 154-160.
- Hirsch, R.M. Alexander, R.B. and Smith, R.A., 1991. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality, *Water Resources Research*, 27, 803-813.
- Kite, G. W. 1988. *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*. Water Resources Publications, Littleton, CO, 257 pp.
- McMahon, T. A. & Mein, R. G. 1986. *River and Reservoir Yield*. Water Resources Publication, Littleton, Colorado, USA.
- Natural Environment Research Council (NERC) 1975. *Flood Studies Report, Vol I - Hydrology Studies*. Natural Environmental Research Council, London, 550 pp.
- Sayers, P.B, Gouldby, B.P., Simm, J.D., Meadowcroft, I. and Hall, J. 2003. Risk, Performance and Uncertainty in Flood and Coastal Defence – A review. R&D Technical Report FD2302/TR1, Defra, 141pp.
- Puslitbang SDA, Balai Hidrologi dan Tata Air. 2010, Pedoman Operasional Hidrologi Vol. 1, Pekerjaan Lapangan..
- Puslitbang SDA, Balai Hidrologi dan Tata Air, 2009. Laporan Kendali Mutu Pengelolaan Hidrologi.
- Puslitbang SDA, Balai Hidrologi dan Tata Air, 2010. Laporan Kendali Mutu Pengelolaan Hidrologi.
- Soewarno, 1991, *Hidrologi-Hidrometri*, Penerbit Nova Bandung
- WMO, 2010, Manual of Stream Gauging, Volume 1 and 2, Publication 1044.
- WMO, 2008, Guide to Hydrology Practices, Volume 1 and 2, Publication 168.
- WMO, 1990, *Manual on Operational Methods for the Measurement of Sediment Transport*, WMO – Manual No. 686
- Y.P Xu, et all, 2008. Uncertainty Analysis in Hydrological Extreme Analysis of Hanjiang River, China, Institute of Hydrology and Water Resources, Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, China

