



Studi Rasionalisasi Jaringan Hidrologi Pulau Seram Provinsi Maluku

Happy Mulya

Balai Wilayah Sungai Papua, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air
Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Sumatera No.15 Dok. IV, Jayapura
E-mail: happymulya63@gmail.com

Abstract

Information of water resources in the form of information on hydrological and hydro meteorological conditions, necessary to support the management of water resources in the basin (Law No.7/2004 SDA). This information is obtained from hydro-meteorological network that represents of these Basin. Rationalization aims to obtain efficient and effective hydrological network and can represent the hydrologic conditions of Seram Island Maluku Province both present and future. Therefore the selection of a method that only suggest the number, density or distribution of the post is not the final answer and directly elected, but the integration between the methods used by the method of Kagan, weight factor, and Stepwise with rules (standard, guidance, and manual) and considering spesific infrastructure needs existing and planned development in accordance with the pattern of river basin management. Proposed hydrology network for Seram Island is to maintain the existing number of hydrological station with the notes necessary of improvement efforts for hydrological management, such as to the amount of rainfall station are as many as 46 stations. Kagan analysis results for the basin with an area 4,873,382 km², has an error rate of 5% and 10% for the analysis, relatively small and good enough to be maintained.

Keywords: Information, Rasionalization, Kagan, Stepwise, Weight factor, Hydrological network

Abstrak

Informasi tentang sumber daya air dalam bentuk informasi kondisi hidrologi dan hidro meteorologi, diperlukan untuk mendukung pengelolaan sumber daya air dalam daerah aliran sungai (DAS) (UU No.7 Tahun 2004 tentang SDA). Informasi ini didapat dari jaringan hidro-meteorologi yang mewakili DAS tersebut. Rasionalisasi bertujuan untuk memperoleh jaringan hidrologi yang efisien dan efektif dan dapat mewakili kondisi hidrologi di Pulau Seram Provinsi Maluku baik sekarang dan masa mendatang, karena itu pemilihan metode yang menyarankan hanya dengan jumlah, distribusi kerapatan pos bukan merupakan jawaban akhir dan langsung dipilih, tetapi integrasi antara metode-metode yang digunakan oleh Metode Kagan, Weight Factor, dan Stepwise dengan peraturan-peraturan (standar, pedoman dan manual) dan mempertimbangkan infrastruktur khusus yang dibutuhkan saat ini dan rencana pengembangan sesuai dengan pola pengelolaan wilayah sungai. Usulan jaringan hidrologi untuk Pulau Seram untuk memelihara sejumlah stasiun hidrologi dengan catatan-catatan yang diperlukan dalam upaya-upaya peningkatan pengelolaan hidrologi, dengan jumlah stasiun curah hujan sebanyak 46 stasiun. Hasil analisa Kagan untuk DAS seluas 4,873,382 km², mempunyai rata-rata kesalahan 5 % dan 10 % untuk analisa, relatif kecil dan cukup baik untuk dipertahankan.

Kata-kata Kunci: Informasi, Rasionalisasi, Kagan, Stepwise, Weight factor, Jaringan hidrologi.

Pendahuluan

Penelitian hidrologi memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan, karena berkaitan

dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendung, bendungan dan jembatan.

Kualitas data yang akurat dalam penentuan potensi air permukaan pada suatu Wilayah Sungai (WS) sangat diperlukan dalam rangka mengoptimalkan

kebutuhan dan pengembangan sumber daya air pada wilayah sungai tersebut. Hal ini tidak terlepas dari pentingnya jumlah pos hidrologi yang ideal serta penempatan lokasi pos yang dapat mewakili sebagai representasi karakteristik suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Untuk itu, dalam implementasinya diperlukan suatu analisis yang membutuhkan data hidrologi berupa data curah hujan, data debit, dan data iklim yang akurat sebagai masukan hidrologi siap pakai bagi suatu pengembangan, penelitian dan dalam perhitungan informasi pengolahan sumber daya air.

Kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu daerah aliran sungai akan menghasilkan data siap pakai yang tidak benar, sehingga mengakibatkan hasil perencanaan, penelitian dan pengelolaan sumber daya air yang tidak efisien dan efektif. Namun yang menjadi pertanyaan adalah berapa jumlah pos hidrologi yang perlu ditempatkan dalam suatu DAS untuk memantau karakteristik hidrologi secara akurat dan benar. Demikian juga apakah jumlah pos-pos yang tersedia yang ada saat ini dalam suatu daerah aliran sungai sudah memadai dan layak, serta apakah jumlah dan lokasinya dapat memantau karakteristik hidrologi daerah tersebut.

Adalah tidak mungkin dan diperlukan suatu biaya yang sangat mahal jika jumlah pos hidrologi sangat banyak. Dalam kondisi dimana jumlah pos terlalu banyak, maka untuk melakukan analisa hidrologi kadang-kadang timbul masalah, pos mana yang akan digunakan apakah seluruhnya atau sebagian

saja. Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah melakukan suatu studi rasionalisasi jaringan pos hidrologi yang ada dalam Wilayah Sungai (WS) khususnya di Pulau Seram Provinsi Maluku adalah untuk menganalisa pos hidrologi yang efektif dan efisien, sehingga secara dini dapat diketahui pos-pos mana yang sangat dominan dan atau dapat direlokasi.

Deskripsi Umum Pulau Seram

Pulau Seram terletak di sebelah utara Pulau Ambon dan merupakan pulau terbesar di Provinsi Maluku dengan luas 18.654,80 km² dengan panjang 340 km dan lebar 60 km. Titik tertingginya ialah Gunung Binaiya, setinggi 3.019 m di atas permukaan laut (dpl). Secara administratif Pulau Seram terdiri dari tiga kabupaten: Kabupaten Seram Bagian Barat, Kabupaten Seram Bagian Timur dan Kabupaten Maluku Tengah yang memiliki iklim laut tropis dan iklim musim. Karena Pulau Seram dikelilingi oleh laut yang luas, maka iklim di daerah ini sangat dipengaruhi oleh laut yang berlangsung seirama dengan musim yang ada.

Berdasarkan hasil observasi, jumlah pos hidrologi yang terdapat di Pulau Seram belum teridentifikasi dengan baik, hal ini diakibatkan kurangnya pemeliharaan terhadap pos-pos tersebut. Hasil survei menjelaskan ada beberapa pos-pos hidrologi di Pulau Seram yang tidak dapat berfungsi lagi seperti tampak pada Tabel 1.



Sumber: Google Earth

Gambar 1. Peta Pulau Seram

Tabel 1. Ringkasan hasil survei pos-pos hidrologi Pulau Seram

No	Nama pos	Baik	Rusak ringan	Rusak sedang	Rusak berat	Keterangan	Usulan tindak lanjut sementara
Pos duga air							
1	Wae Samal (Lama)				x	Bangunan rusak, alat tidak ada sejak tahun 1987 (Bantaran/Bronjong)	Dibangun kembali dan direlokasi
2	Wae Samal				x	Bangunan rusak, alat tidak ada (jembatan)	Dibangun kembali dan direlokasi
3	Wae Isal Pasahari				x	Bangunan roboh total, tanggal 13 Juni 2006, alat hilang	Dibangun kembali dan direlokasi
Pos curah hujan							
1	Kobisonta		X			Pos terawat, alat rusak	Pagar harus diperbaiki/dicat
2	Wae Bula			x		Alat rusak (ARR+RGR)	Dibangun kembali
Pos klimatologi							
1	Nakupia				x	Pos tidak terawat, alat rusak	Direhabilitasi/direlokasi
2	Kobisonta				x	Pos tidak terawat, alat rusak	Direhabilitasi/direlokasi

Pendekatan dan Metodologi

Kenyataan hingga saat ini kualitas data hidrologi yang ada, dapat dikatakan secara umum masih rendah (QA/HDR/MPH/2009), untuk mengatasi dan mencegah makin menurunnya kualitas dan kuantitas data hidrologi, diperlukan pengetahuan tentang kondisi jaringan pos yang ada saat ini dalam bentuk suatu pengkajian ulang terhadap jaringan pos hidrologi yang ada melalui tahapan survei, pengumpulan informasi, jumlah pos hidrologi, lokasi, dan akurasi data yang didapat dari pos-pos tersebut. Mengetahui informasi tentang kondisi jaringan pos hidrologi, hubungan antara pos-pos yang ada serta hasil analisis jaringan pos yang diperoleh dapat memberikan gambaran tentang pola pengelolaan yang optimal dan prioritas pemeliharaan yang diperlukan.

Pada saat ini pos-pos hidrologi yang ada pada suatu WS, berada pada pengelolaan beberapa instansi (PU, Perhubungan, Pertanian, Kehutanan, PLN dan lain-lain), sehingga perlu adanya koordinasi. Kerapatan jaringan pos hidrologi sangat tergantung pada maksud dan tujuan, akurasi dari analisis yang akandibuat, dan biaya operasional dan pemeliharaan.

Studi Rasionalisasi Jaringan Hidrologi Pulau Seram di Provinsi Maluku ini dimaksudkan untuk mengatur penempatan pos-pos pengamatan hidrologi dan perencanaan penempatan pos baru, sehingga dapat mewakili kondisi karakteristik hidrologi Pulau Seram dengan tahapan pekerjaan sebagai berikut:

1. Melakukan inventarisasi, identifikasi dan kajian terhadap kondisi jaringan pos hidrologi yang ada pada saat ini.
2. Melakukan analisis terhadap jaringan hidrologi yang telah ada
3. Merencanakan kriteria jaringan hidrologi yang efisien untuk suatu WS
4. Mengembangkan metoda untuk suatu rasionalisasi pos hidrologi
5. Melakukan analisis dan mengaplikasikan metoda yang direncanakan terhadap WS yang mempunyai beberapa pos pengamatan hidrologi (curah hujan, debit, dan iklim)
6. Menyusun tahapan dan kriteria dalam melakukan analisis rasionalisasi jaringan pos hidrologi
7. Membuat peta jaringan hidrologi yang ideal

Tujuan dari Studi Rasionalisasi Jaringan Hidrologi Pulau Seram Provinsi Maluku adalah untuk mendapatkan sistem jaringan hidrologi yang optimal sesuai metoda yang valid, untuk mendukung Pengembangan Sumber Daya Air pada suatu kawasan WS.

Berdasarkan pada maksud dan tujuan yang jelas, tahapan pekerjaan yang jelas, serta kendala-kendala tersebut di atas, maka diharapkan dapat dilakukan rasionalisasi dengan pendekatan yang tepat. Adapun beberapa pendekatan yang akan diterapkan dalam studi rasionalisasi ini, yaitu:

1. Analisis korelasi (*simple* atau matrik atau *stepwise*)
2. Analisis bobot (skor)

3. Analisa regional (*mapping*)
4. Analisis kerapatan

Mengingat jaringan pos hidrologi yang terdiri dari jaringan pos curah hujan, jaringan pos klimatologi dan jaringan pos hidrometri, maka dalam metodologi digunakan analisis rasionalisasi yang berbeda pada tiap pos. Metode-metode yang akan dipakai dalam analisis rasionalisasi masih berkembang dan belum diperoleh metode yang baku, namun metode yang akan digunakan dalam studi ini dianggap sudah cukup untuk memberikan gambaran dalam menentukan perlu tidaknya suatu pos hidrologi yang dipasang dalam suatu DAS dengan berbagai kriteria antara lain:

- a. jenis pos hidrologi (otomatik/biasa);
- b. periode pengamatan (panjang, sedang dan pendek);
- c. kondisi pos (baik, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat);
- d. status (operasi/tidak operasi);
- e. fungsi (mutlak diperlukan/tidak diperlukan);
- f. korelasi antar satu pos dengan pos lainnya.

Metode yang digunakan adalah: Metode Analisis dan Pembobotan untuk rasionalisasi jaringan pos hidrometri, Metode *Step Wise*, Kagan dan Kriging untuk pos hujan, serta Metode Analisis Regional untuk pos klimatologi. Dengan menggunakan metode-metode diatas yang digabungkan dengan peraturan atau pedoman kerapatan jaringan Pos hidrologi (WMO, SNI, Jaminan Mutu Hidrologi, Literatur), serta efektifitas untuk pemantauan infrastruktur yang ada dan perkembangan mendatang, maka akan didapatkan suatu jaringan pos hidrologi yang efektif dan efisien.

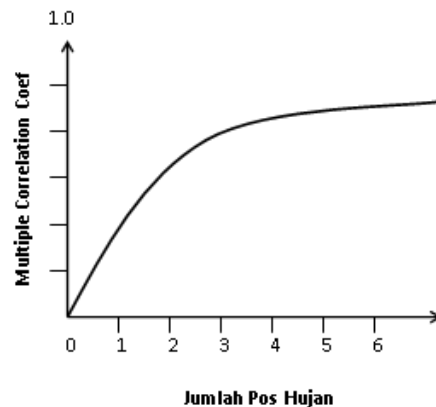
Metode *stepwise*

Konsep dasar dari metode *Stepwise* ini adalah *multiple correlation*. Metode ini mengkorelasikan suatu *dependent variable* (variabel tidak bebas) dan beberapa *independent variable* (variabel bebas). Dalam studi ini, metode *stepwise* digunakan terhadap data hujan bulanan sebagai variabel bebas dan data debit bulanan sebagai variabel tidak bebas dalam satu WS atau DAS atau Sub DAS.

Model akan menghitung koefisien korelasi, standar deviasi, *standard error of estimate*, *multiple correlation coefficient*, *goodness of fit*, *T-value*, *Beta coefficient*, dan konstantanya. Kelebihan model ini adalah dapat memilih pos mana yang paling dominan dan mempunyai korelasi terbesar dengan pos debit. Katakan saja pos B dengan *multiple correlation coefficient* adalah X_1 . Selanjutnya model akan mencari lagi alternatif

berikutnya bila kita menggunakan 2 pos hujan, katakan saja pos B dan D, dengan *multiple correlation coefficient* adalah X_2 dimana ($X_2 > X_1$), demikian selanjutnya sehingga dalam contoh kita mendapatkan nilai ($X_5 > X_4 > X_3 > X_2 > X_1$). Dalam kondisi yang demikian, maka diserahkan kepada pengambil keputusan untuk menentukan berapa pos yang akan diambil, 2 pos, 3 pos, atau kelimanya. Dalam mengevaluasi berapa pos hujan yang dibutuhkan, biasanya dilihat peningkatan dari nilai *multiple correlation coefficient*. Bila peningkatannya tersebut sudah tidak berarti dibandingkan dengan nilai *multiple correlation coefficient* sebelumnya, maka jumlah pos yang diperlukan dapat ditentukan.

Proses pemilihan hubungan yang baik ini terus dilakukan antara variabel tidak bebas dan variabel bebas, sehingga pada akhirnya dapat diketahui pengaruh perubahan nilai koefisien korelasi bila dalam suatu DAS atau Sub DAS mempunyai beberapa variabel bebas atau dengan perkataan lain model dapat menunjukkan variabel bebas yang mempunyai korelasi terbaik dengan variabel tidak bebas. Hubungan antara jumlah pos hujan yang mempunyai korelasi terbaik dengan pos debit dan besarnya koefisien korelasi digambarkan, sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan antara jumlah pos hujan yang mempunyai korelasi terbaik dengan pos debit dan besarnya koefisien korelasi

Kurva tersebut menunjukkan bahwa penggunaan jumlah pos hujan sebagai variabel bebas yang melebihi suatu jumlah tertentu tidak memberikan dampak peningkatan *multiple correlation coefficient* yang berarti, jadi pemilihan jumlah pos hujan sangat tergantung pada tingkat akurasi yang diharapkan.

Metode analisis regional

Metode analisa regional (*mapping*) akan diterapkan untuk analisa jaringan pos klimatologi.

Data yang digunakan adalah data rata-rata tahunan dan rata-rata bulan basah dan bulan kering dari parameter evapotranspirasi potensial dan temperatur. Masing-masing parameter tersebut akan dibuat garis-garis yang mempunyai besaran sama di seluruh wilayah Pulau Seram.

Metode Kriging

Kriging adalah salah satu teknik untuk interpolasi fenomena ruang *nonstationar*, terdapat beberapa tipe teknik dalam Kriging, tetapi ide dasar dari semua itu sama yaitu bahwa jika x menyatakan satu titik pada ruang dan $Z(x)$ adalah fungsi dari x yang diketahui dalam pengamatan $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, selanjutnya estimasi $Z^*(x_0)$ untuk $Z(x_0)$ suatu lokasi yang tidak di ukur (*non-measured*) akan berbentuk:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i * Z(x_i) \dots\dots\dots (1)$$

suatu kombinasi linear dari nilai-nilai pengamatan dengan bobot λ_i untuk tiap titik pengamatan ke i .

Perbedaan antara nilai estimasi $Z^*(x_0)$ dan nilai sebenarnya $Z(x_0)$ untuk suatu kombinasi bobot (*weight*) seperti di atas disebut kesalahan estimasi (*estimation error*) ϵ_{est} . Jika tidak ada tren maka $Z^*(x_0)$ adalah estimasi tidak bias (*unbiased*) dari $Z(x_0)$, nilai ekspektasi perbedaan antara nilai estimasi dan sebenarnya akan menjadi nol:

$$E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0 \dots\dots\dots (2)$$

atau

$$E[Z^*(x_0)] = E[Z(x_0)] \dots\dots\dots (3)$$

variansi error, biasa disebut variansi estimasi (*the estimation variance*) yang adalah perbedaan kwadrat rata-rata, secara umum dengan titik-titik estimasi linear kombinasi dari nilai-nilai 1, 2, 3, ..., n, maka variansi error seperti berikut:

$$\sigma^2 = E[Z^*(x_0) - Z(x_0)]^2 \dots\dots\dots (4)$$

Kriging biasa (*Ordinary Kriging*) adalah tipe Kriging yang paling sering digunakan, adapun digunakannya tipe ini dengan syarat variabel *stationary* dan *kovarian* diketahui, kontroversinya rata-rata tidak diketahui.

Model asumsi Ordinary Kriging merujuk pada persamaan berikut :

$$Z(x) = m + \square(x) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana m adalah rata-rata *stationary* yang tidak diketahui. Nilai perkiraan dari kesalahan pada tiap lokasi tertentu jika ada dianggap sebagai bias., Karena implementasi kondisi tidak bias, maka

persamaan fungsi estimasi linear dapat ditulis sebagai:

$$E\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i * Z(x_i)\right] = E[Z(x_0)] = m \dots\dots\dots (6)$$

dengan konstrain pertama $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, jelas ini jaminan tidak bias karena jumlah koefisien adalah satu.

Konstrain yang kedua adalah bahwa bobot λ_i harus diselesaikan dengan variansi error minimal. Untuk itu digunakan teknik *Langrangian Multiplier*, yaitu parameter optimal harus memenuhi persamaan:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_0, x_i)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

dimana:

$\gamma(x_i, x_j)$ = Semivarian Z antar titik-titik sampling.

$\gamma(x_0, x_i)$ = Semivarian antara titik sampling x_i dan titik estimasi x_0

Reliabilitas dari interpolasi diperoleh dengan solusi dari bobot-bobot:

$$\sigma_k^2(x_0) = E[Z^*(x_0) - Z(x_0)]^2 = \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_0, x_j) + \mu \dots\dots\dots (7)$$

Estimasi error variansi σ_k^2 sangat bergantung pada jumlah dan lokasi dari lokasi-lokasi yang diamati. Oleh sebab itu σ_k^2 , adalah alat yang efisien untuk penyelesaian permasalahan optimasi jaringan, dan perlu ditekankan juga bahwa σ_k^2 bukanlah error estimasi ruang nyata aktual, tetapi error pemodelan. Terdapat beberapa model *spherical* (bentuk bola) yang digunakan dalam pembuatan kontur Kriging seperti *Spherical*, *Exponential*, *Gaussian*, dan *Perpangkatan*. Berikut ini salah satu produk menggunakan *spherical Model*.

Metode Kagan

Dari beberapa cara penetapan jaringan pos hujan yang ada, terdapat cara yang relatif sederhana dalam pemakaian, baik dalam pengertian yang dibutuhkan maupun prosedur hitungannya. Keuntungan cara ini adalah selain jumlah stasiun yang dibutuhkan dengan tingkat ketelitian tertentu dapat ditetapkan, akan tetapi juga sekaligus cara yang dapat memberikan pola penempatan stasiun hujan dengan jelas. Cara ini dikemukakan oleh Kagan (1967). Pada dasarnya cara ini mempergunakan analisis statistik dan mengaitkan kerapatan jaringan pengukur hujan dengan

kesalahan interpolasi dan kesalahan perataan. Dengan menandai bahwa variabilitas ruang dapat dikuantifikasikan dengan korelasi antara stasiun, Metode Kagan dapat menetapkan jaringan stasiun hujan yang memenuhi kriteria kesalahan yang ditetapkan. Fungsi korelasi tersebut dapat disajikan seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$r(\rho) = r(o)e^{-\frac{\rho}{\rho_o}} \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

- $r(\rho)$ = koefisien korelasi untuk jarak ρ
- $r(o)$ = koefisien korelasi antara stasiun dengan jarak yang sangat kecil (± 0 km)
- ρ = jarak antara stasiun, km
- ρ_o = radius korelasi, yaitu jarak antara stasiun dimana korelasi berkurang dengan faktor e.

Untuk luas DAS sebesar A km² dan jumlah stasiun hujan yang ada sebanyak N, maka *relative root mean square error*, Z_1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Z_1 = \frac{\sqrt{E_N}}{h} = C_v \sqrt{\frac{(1-r(o)+0.23\frac{\sqrt{A}}{\rho_o\sqrt{N}})}{N}}$$

$$C_v = \frac{\sigma_h}{h} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan – persamaan di atas, maka diperoleh persamaan yang lebih sederhana seperti pada persamaan di bawah ini:

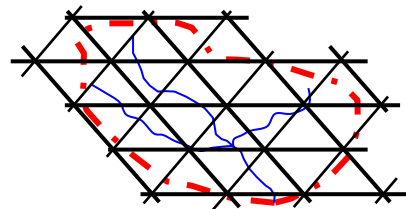
$$Z_3 = C_v \sqrt{\frac{1}{3}[1-r(o)] + 0.49\frac{r(o)}{\rho_o} l} \dots\dots\dots (10)$$

selanjutnya dengan mensubstitusikan persamaan untuk menghitung jarak antara stasiun dengan persamaan untuk menghitung Z_3 , maka diperoleh persamaan menghitung kesalahan interpolasi seperti pada persamaan di bawah ini:

$$Z_3 = C_v \sqrt{\frac{1}{3}[1-r(o)] + 0.52\frac{r(o)}{\rho_o} \sqrt{\frac{A}{N}}} \dots\dots\dots (11)$$

Langkah – langkah yang dapat ditempuh untuk menentukan kerapatan jaringan pos hujan dengan Metode Kagan adalah sebagai berikut:

- a. Dari jaringan stasiun hujan yang tersedia, dapat dihitung nilai koefisien variasi (Cv) baik harian maupun bulanan, sesuai dengan yang diperlukan.
- b. Dari jaringan stasiun hujan yang tersedia dapat dicari hubungan antara jarak stasiun dengan koefisien korelasi, baik untuk hujan bulanan, sesuai yang diperlukan.
- c. Hubungan antara jarak stasiun dengan korelasi dibuat dalam bentuk lengkung eksponensial mengikuti persamaan fungsi korelasi. Dari hasil persamaan yang dihasilkan dapat diperoleh besaran $r(o)$ dan ρ dengan pepadanan terhadap persamaan tersebut
- d. Dengan besaran tersebut, maka parameter dihitung Z_1 dan Z_3 dapat dihitung setelah menentukan besarnya tingkat ketelitian yang digunakan.
- e. Setelah jumlah stasiun ditetapkan pada suatu DAS, maka penempatan pos dapat dilakukan dengan menghitung jarak antara stasiun, dan selanjutnya digambar jaring-jaring segitiga sama sisi dengan panjang sisi sama dengan l , seperti terlihat pada Gambar 3



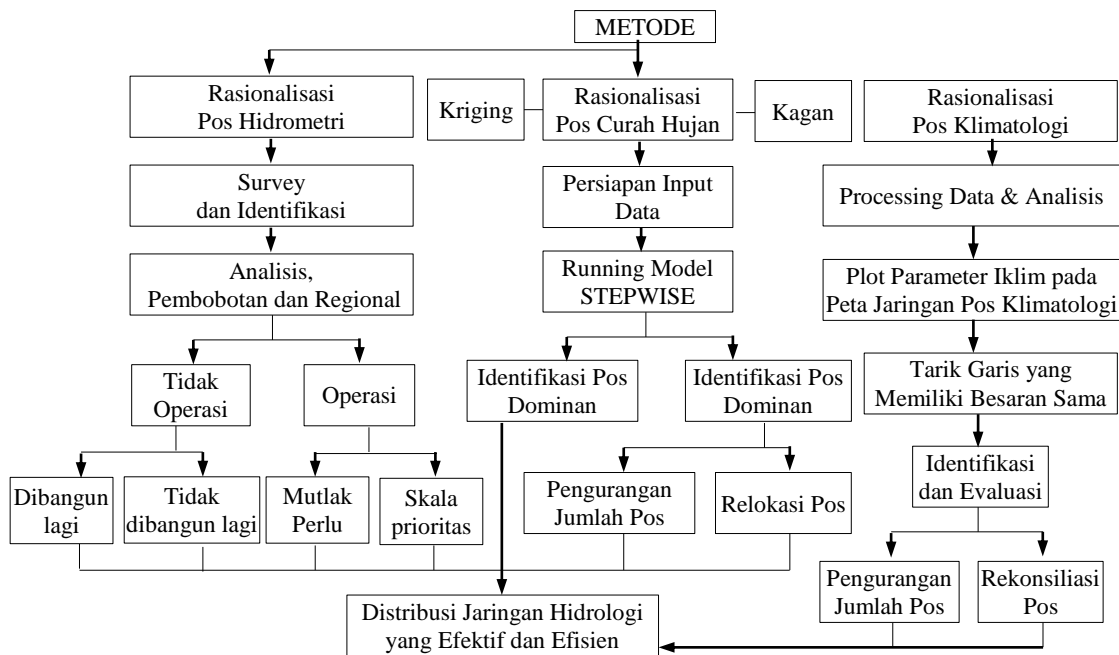
Gambar 3. Jaring-jaring segitiga metode Kagan

Hasil Analisa

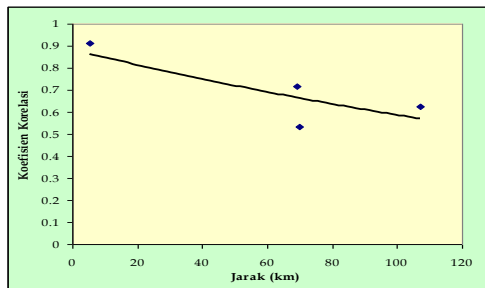
Untuk Pulau Seram berhasil diidentifikasi jumlah pos sebanyak 6 stasiun. Dari 6 pos tersebut selanjutnya dihitung jarak antara pos dan korelasi antara data pos yang ada. Jarak antara 6 pos yang ada dan korelasi antara data pos dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Jarak dan korelasi antara pos di Pulau Seram

	Pos Hujan	Jarak	Korelasi
Way Eti	- Way Hattu	25,250	-
Way Eti	- Nakupia	84,725	-
Way Hattu	- Aramania	5,316	0,911919
Way Hattu	- Nakupia	69,900	0,532193
Aram ania	- Nakupia	69,300	0,714692
Kobisanta	- Matakabo	29,300	-
Kobisanta	- Way Eti	188,096	-
Kobisanta	- Nakupia	107,270	0,625581
Matakabo	- Nakupia	133,067	-
Kobisanta	- Hattu	69,300	0,810286
Kobisanta	- Amania	29,300	0,782210



Gambar 4. Skema metode rasionalisasi



Gambar 5. Grafik hubungan antara korelasi dengan jarak antara pos di Pulau Seram

Berdasarkan data tersebut selanjutnya dihitung parameter Kagan dengan membuat persamaan exponential antara jarak pos dengan korelasi pos hujan. Persamaan yang dihasilkan dari data tersebut sebagai berikut:

$$r(\rho) = 0.883 e^{-0.0041\rho} \dots\dots\dots (12)$$

dan grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan persamaan di atas selanjutnya dapat diperoleh nilai parameter Kagan dengan melakukan pemadanan antara persamaan yang dihasilkan dengan rumus dasar yang diterapkan oleh Kagan.

Nilai parameter yang diperoleh adalah 0.8831 untuk koefisien korelasinya ($r_{(0)}$) dan 243 km untuk jarak pos yang menyebabkan korelasi berkurang (ρ_0). Sementara untuk mendapatkan nilai koefisien

variasi hujan diperoleh dengan merata-ratakan seluruh data hujan dan selanjutnya dihitung standar deviasi dan rata-ratanya. Dari nilai standar deviasi dan hasil rata-ratanya diperoleh nilai koefisien variasi hujan sebesar 0,719.

Berdasarkan hasil parameter yang diperoleh maka evaluasi terhadap jaringan pos hujan yang ada di Pulau Seram dapat ditentukan. Evaluasi tersebut berdasarkan pada skala daerah aliran sungai (DAS). Evaluasi yang dilakukan meliputi kesalahan interpolasi, kesalahan rata-rata, dan jarak antara pos serta jumlah pos yang ideal yang tersedia berdasarkan tingkat kesalahannya.

Pulau Seram terdiri dari dari beberapa DAS, khusus untuk Kabupaten Seram Bagian Timur dan Maluku Tengah (sebagai lokasi studi) yang selanjutnya dianalisa terdiri dari DAS:

- DAS Bobot (915,416 km²)
- DAS Toluarang dan Mual (432,487 km²)
- DAS Isal (572,422 km²)
- DAS Kobi (314,028 km²)
- DAS Tila (221,661 km²)
- DAS Ake Ternate (291,487 km²)
- DAS Matakabo (271,423 km²)
- DAS Bubi (348,653 km²)
- DAS Samal (316,467 km²)
- DAS terbesar Masiwang (1189,338 km²) .

Penentuan parameter Kagan tidak dilakukan berdasarkan batasan DAS karena ketersediaan data kurang mencukupi untuk analisa Kagan, sehingga pengambilan parameter Kagannya dalam lingkup

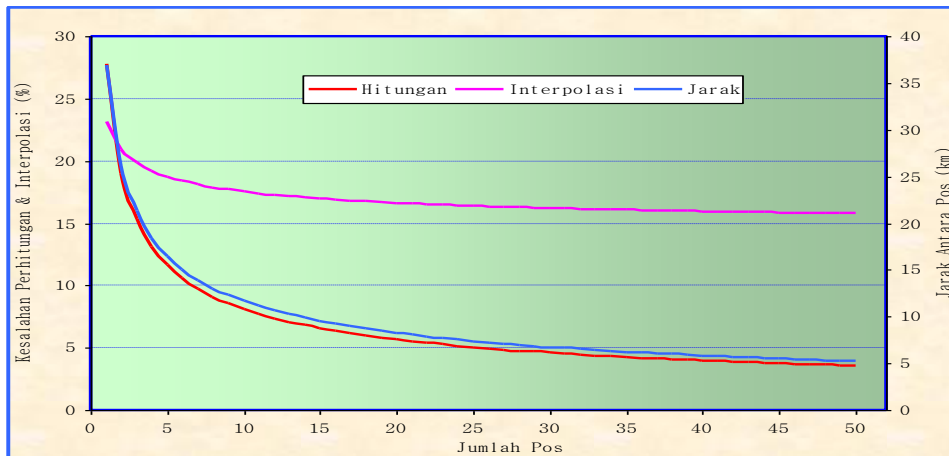
yang lebih luas yaitu seluruh Pulau Seram. Pada Tabel 3 di bawah ini ditampilkan analisa Kagan untuk DAS Masiwang, sedangkan dengan cara analisis yang sama dilakukan terhadap DAS Bobot, DAS Toluarang dan Mual, DAS Isal, DAS Kobi,

DAS Tila, DAS Ake Ternate, DAS Matakabo, DAS Bubi dan DAS Samal (hasil analisis Kagan tidak ditampilkan).

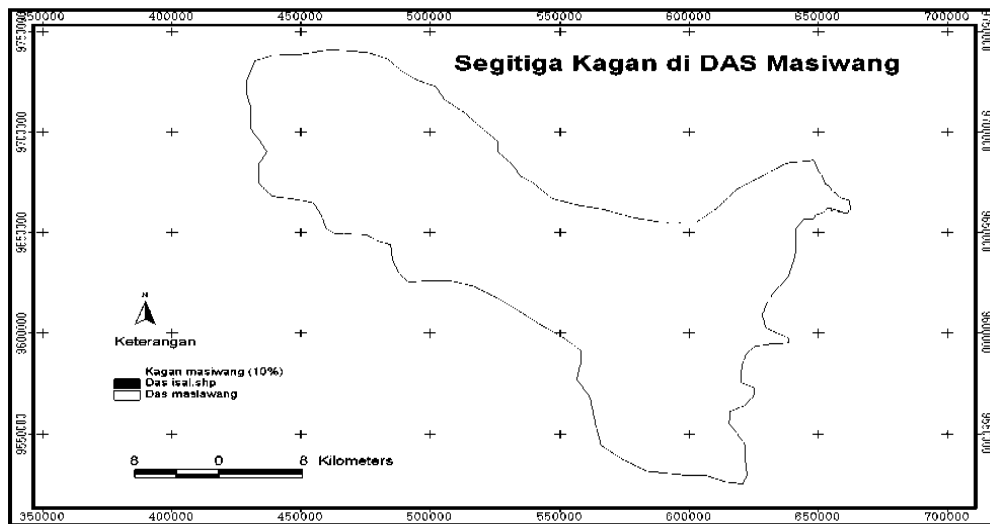
Analisa Kagan di DAS Masiwang

Tabel 3. Hasil perhitungan jumlah pos, kesalahan rata-rata dan interpolasi serta jarak pos yang diperoleh di DAS Masiwang

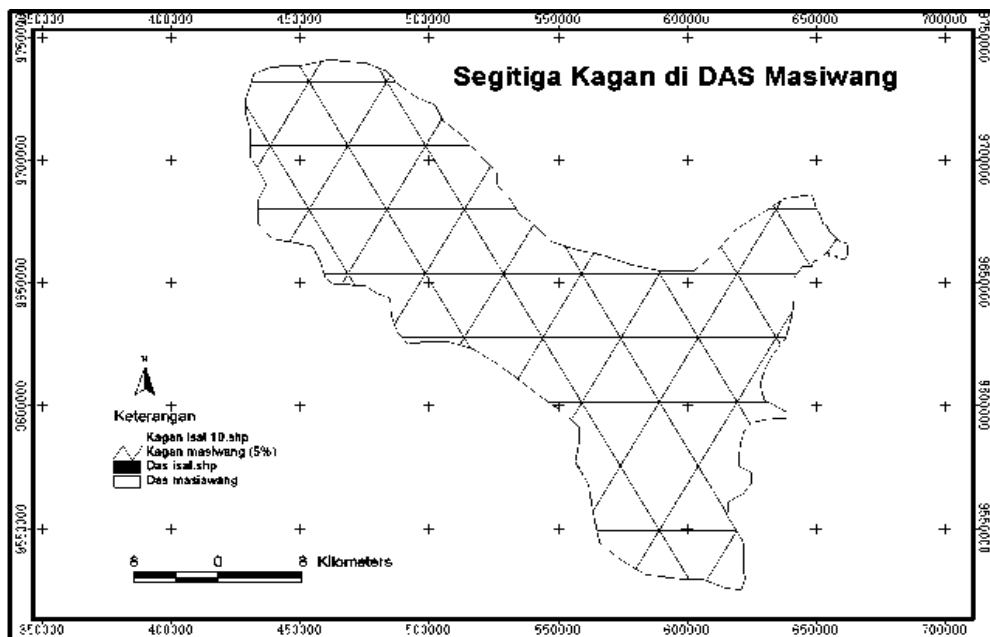
Hasil perhitungan Kagan di DAS Masinawang																
Luas	= 1189,3 km						Z1	: Kesalahan perataan (hitungan)								
r₍₀₎	= 0,8831						Z3	: Kesalahan interpolasi								
ρ₀	= 243,9 km						N	: Jumlah pos								
C_v	= 0,719						L	: Jarak antara pos								
N	Z1	Z3	L	N	Z1	Z3	L	N	Z1	Z3	L	N	Z1	Z3	L	
1	27,793	23,176	36,90	26	4,951	16,348	7,24	51	3,509	15,762	5,17	76	2,865	15,490	4,23	
2	19,016	20,947	26,09	27	4,856	16,311	7,10	52	3,474	15,748	5,12	77	2,846	15,482	4,21	
3	15,290	19,881	21,30	28	4,766	16,275	6,97	53	3,441	15,734	5,07	78	2,827	15,474	4,18	
4	13,119	19,217	18,45	29	4,681	16,241	6,85	54	3,408	15,720	5,02	79	2,809	15,466	4,15	
5	11,658	18,750	16,50	30	4,601	16,209	6,74	55	3,376	15,707	4,98	80	2,791	15,459	4,13	
6	10,591	18,398	15,06	31	4,524	16,178	6,63	56	3,346	15,694	4,93	81	2,773	15,451	4,10	
7	9,768	18,119	13,95	32	4,451	16,149	6,52	57	3,316	15,681	4,89	82	2,756	15,444	4,08	
8	9,109	17,892	13,05	33	4,382	16,121	6,42	58	3,286	15,669	4,85	83	2,739	15,437	4,05	
9	8,566	17,701	12,30	34	4,315	16,094	6,33	59	3,258	15,657	4,80	84	2,723	15,429	4,03	
10	8,109	17,538	11,67	35	4,252	16,068	6,24	60	3,230	15,645	4,76	85	2,706	15,422	4,00	
11	7,717	17,397	11,13	36	4,191	16,043	6,15	61	3,203	15,634	4,72	86	2,690	15,416	3,98	
12	7,376	17,273	10,65	37	4,133	16,020	6,07	62	3,177	15,623	4,69	87	2,675	15,409	3,96	
13	7,076	17,162	10,23	38	4,077	15,997	5,99	63	3,151	15,612	4,65	88	2,659	15,402	3,93	
14	6,810	17,063	9,86	39	4,023	15,975	5,91	64	3,126	15,601	4,61	89	2,644	15,396	3,91	
15	6,571	16,974	9,53	40	3,971	15,954	5,83	65	3,101	15,591	4,58	90	2,629	15,389	3,89	
16	6,356	16,893	9,23	41	3,922	15,933	5,76	66	3,077	15,581	4,54	91	2,614	15,383	3,87	
17	6,160	16,818	8,95	42	3,874	15,913	5,69	67	3,054	15,571	4,51	92	2,600	15,377	3,85	
18	5,981	16,750	8,70	43	3,828	15,894	5,63	68	3,031	15,561	4,47	93	2,586	15,370	3,83	
19	5,817	16,684	8,47	44	3,783	15,876	5,56	69	3,009	15,552	4,44	94	2,572	15,364	3,81	
20	5,665	16,628	8,25	45	3,740	15,858	5,50	70	2,987	15,542	4,41	95	2,558	15,358	3,79	
21	5,525	16,574	8,05	46	3,698	15,841	5,44	71	2,965	15,533	4,38	96	2,544	15,353	3,77	
22	5,394	16,523	7,87	47	3,658	15,824	5,38	72	2,944	15,524	4,35	97	2,531	15,347	3,75	
23	5,273	16,475	7,69	48	3,619	15,808	5,33	73	2,924	15,515	4,32	98	2,518	15,341	3,73	
24	5,159	16,430	7,53	49	3,581	15,792	5,27	74	2,904	15,507	4,29	99	2,505	15,336	3,71	
25	5,052	16,388	7,38	50	3,544	15,777	5,22	75	2,884	15,498	4,26	100	2,492	15,330	3,69	



Gambar 6. Grafik hasil perhitungan Kagan di DAS Masiwang



Gambar 7. Distribusi pos hujan di DAS Masiwang dengan kesalahan 10 %.



Gambar 8. Distribusi pos hujan di DAS Masiwang dengan kesalahan 5%.

Analisis Jaringan Pos Berdasarkan Rekomendasi WMO

WMO merupakan organisasi meteorologi internasional telah memberikan rekomendasi jumlah pos hujan yang ada pada suatu wilayah berdasarkan karakteristik topografi daerah tersebut. Jumlah atau kerapatan pos yang direkomendasikan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4

Berdasarkan Tabel 4, maka jumlah pos hujan yang direkomendasikan oleh WMO dapat ditentukan untuk masing-masing DAS. Karena lokasi DAS merupakan daerah yang bergunung dan berada di daerah tropis, maka jumlah kerapatan pos hujan

yang direkomendasikan adalah sekitar 100 km² sampai 250 km² setiap pos hujan untuk kondisi normal. Dengan kondisi tersebut, maka seluruh DAS yang dianalisa dapat ditentukan jumlah pos hujan yang harus terpasang dalam suatu DAS agar dapat memantau kondisi hidrologi suatu DAS. Jumlah tersebut memang ditentukan hanya berdasarkan kondisi luas DAS dan kondisi topografinya. Adapun jumlah pos hujan yang diperlukan pada DAS tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut maka jumlah pos yang harus terpasang untuk memantau karakteristik hidrologi minimum sebanyak 25 pos dan maksimum sebanyak 54 pos.

Tabel 4. Kerapatan minimum yang direkomendasikan WMO

No.	Tipe	Luas daerah (km ²) per satu pos hidrometri	
		Kondisi normal	Kondisi sulit
1.	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	1.000 – 2.500 (600 – 900)	3.000 – 9.000
2.	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	300 – 1.000 (100 – 250)	1.000 – 5.000 (250 – 1.000)
3.	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 – 300 (25)	
4.	Daerah arid dan kutub	5.000 – 20.000 (1.500 – 10.000)	

Sumber : L. Horst, 1981

Tabel 5. Jumlah pos hujan yang direkomendasikan oleh WMO

No.	Nama DAS	Area (km ²)	Jumlah pos hujan	
			Maksimum	Minimum
1	DAS Masiwang	1189.338	12	5
2	DAS Bobot	915.416	10	4
3	DAS Toluarang dan Mual	432.487	5	2
4	DAS Isal	572.422	6	3
5	DAS Kobi	314.028	4	2
6	DAS Tila	221.661	3	1
7	DAS Ake Ternate	291.487	3	2
8	DAS Matakabo	271.423	3	2
9	DAS Bubi	348.653	4	2
10	DAS Samal	316.467	4	2
Jumlah pos hujan			54	25

Tabel 6. Perbandingan jumlah pos hujan hasil Kagan dan WMO

No.	Nama DAS	Area (km ²)	Kerapatan WMO		Kagan		Keterangan
			Maks.	Min.	10%	5%	
1	DAS Masiwang	1189.338	12	5	7	25	Kondisi berbukit-bukit
2	DAS Bobot	915.416	10	4	7	25	Kondisi berbukit-bukit
3	DAS Toluarang dan Mual	432.487	5	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
4	DAS Isal	572.422	6	3	6	25	Kondisi berbukit-bukit
5	DAS Kobi	314.028	4	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
6	DAS Tila	221.661	3	1	6	24	Kondisi berbukit-bukit
7	DAS Ake Ternate	291.487	3	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
8	DAS Matakabo	271.423	3	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
9	DAS Bubi	348.653	4	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
10	DAS Samal	316.467	4	2	6	24	Kondisi berbukit-bukit
Jumlah pos hujan			54	25	62	243	

Tabel 7. Jumlah pos hidrometri yang harus terpasang di Pulau Seram

No.	Nama DAS	Area (km ²)	Kerapatan WMO		Keterangan
			Maks.	Min.	
1	DAS Masiwang	1189.338	8	3	Sungai bercabang
2	DAS Bobot	915.416	9	1	Sungai bercabang
3	DAS Toluarang dan Mual	432.487	7	1	Sungai bercabang
4	DAS Isal	572.422	2	1	Sungai bercabang
5	DAS Kobi	314.028	3	1	Sungai bercabang
6	DAS Tila	221.661	2	1	Sungai bercabang
7	DAS Ake Ternate	291.487	2	1	Sungai bercabang
8	DAS Matakabo	271.423	1	1	Bentuk sungai memanjang
9	DAS Bubi	348.653	2	1	Sungai bercabang
10	DAS Samal	316.467	3	1	Sungai bercabang
Jumlah Pos Hujan			39	12	

Analisis rasionalisasi jaringan pos debit

Rasionalisasi pos debit untuk daerah studi secara ilmiah sulit dilakukan karena ketersediaan data hidrologi khususnya data debit sangat minim. Namun secara teoritis metode yang valid untuk melakukan analisa rasionalisasi untuk pos debit masih kurang khususnya di Indonesia maupun di luar negeri. Secara umum penempatan pos hidrometri (debit) masih sangat subyektif tergantung dari kondisi sungainya dan pengembangan DASnya. Namun dapat kita tentukan jika setiap DAS minimal terpasang satu pos hidrometri untuk memantau kondisi potensi alirannya, maka diperlukan sekitar 18 pos hidrometri. Apabila kita perhatikan kondisi karakteristik sungainya, apakah sungainya memiliki anak sungai (sungai bercabang) atau tidak, maka di setiap pertemuan anak sungai dipasang pos hidrometri untuk memantau karakteristik hidrologinya, sehingga jumlah pos yang harus terpasang kurang lebih sekitar 66 pos. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil jumlah pos hidrometri tersebut di atas tidak menutup kemungkinan untuk bertambah, karena keperluan khusus seperti pemantauan daerah irigasi atau untuk memantau *inflow* suatu danau dan keperluan khusus lainnya.

Kesimpulan

Dari pembahasan dan hasil analisa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kerapatan pos hidrologi di Pulau Seram masih sangat rendah. Untuk pemanfaatan dan pengembangan sumber daya air pada DAS yang berpotensi dibutuhkan pos hidrologi yang memadai.
2. Untuk memperoleh kualitas data hidrologi terutama data debit perlu dibangun fasilitas alat bantu pengukuran debit berupa *cube way*.
3. Kondisi pos hidrologi sangat bervariasi dari kondisi baik, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat, bahkan hancur sama sekali, hal ini antara lain disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:
 - a. lokasi yang sulit dijangkau;
 - b. terbatasnya dana pengelolaan pos;
 - c. terbatasnya staf hidrologi;
 - d. pengamat yang kurang disiplin dalam menjalankan tugas, dikarenakan honor sangat kecil dan pembayaran tidak tepat waktu;
 - e. belum seluruh pengamat mengetahui akan tugas dan kewajibannya.

4. Metode Kriging dan *stepwise* tidak cocok digunakan untuk analisis rasionalisasi Jaringan Pos Hidrologi di Pulau Seram, dikarenakan keterbatasan data dan jumlah pos hidrologi, lagi pula kedua metode tersebut cenderung untuk mengurangi jumlah pos dan hanya sesuai untuk daerah yang kerapatan posnya tinggi seperti di Pulau Jawa.
5. Dibutuhkan penambahan dana dan staf untuk pengelolaan pos hidrologi yang letaknya tersebar.

Saran

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan penelitian seperti di atas, beberapa rekomendasi diajukan oleh peneliti sebagai berikut:

1. Hasil rasionalisasi agar ditindak lanjuti dengan penambahan pos hidrologi dan dilakukan secara bertahap seiring dengan rencana strategis pengembangan sumber daya air Provinsi Maluku, dan secara otomatis dibutuhkan penambahan dana dan staf untuk pengelolaan hidrologi khususnya di Pulau Seram dan umumnya di Provinsi Maluku.
2. Lokasi pos hidrologi hasil dari analisis rasionalisasi masih bersifat tentatif, sehingga pada saat pelaksanaan pembangunan pos harus dilakukan survei terlebih dahulu agar pos yang dipasang memenuhi persyaratan baik teknis maupun non teknis dan diusahakan dekat dengan permukiman.
3. Agar penjaga pos dapat bekerja dengan lebih baik, maka disarankan agar honorarium dapat dinaikkan serta dijelaskan hak dan kewajiban penjaga pos.
4. Untuk meningkatkan kualitas data agar dilakukan pengukuran debit secara rutin minimal 6 kali dalam setahun yang dilaksanakan pada kondisi air rendah, sedang dan tinggi (banjir). Selain pengukuran juga harus dilakukan inspeksi pos untuk mengetahui kondisi pos sehingga kontinuitas data dapat terjamin
5. Untuk menunjang dan memperlancar pengelolaan hidrologi dibutuhkan sarana dan prasarana yang memadai antara lain:
 - a. penambahan staf yang memadai baik secara kualitas dan kuantitas serta mempunyai dedikasi yang tinggi;
 - b. ruangan untuk staf dan pimpinan yang memadai;

- c. peralatan pengukuran debit yang lengkap;
- d. kendaraan operasional;
- e. komputer dan *software* pengolahan data dan;
- f. suku cadang peralatan untuk menjamin kesinambungan data.

Daftar Pustaka

Ariyoso, 2009. *Regresi Stepwise*, 12 Mei 2012.

Azwar Rhosyied, 2009. *Apa itu Regresi Stepwise...?*.<http://statisticsanalyst.wordpress.com/2009/08/18/apa-itu-regresi-stepwise/>, 12 Mei 2012.

BWS Maluku, 2012. *Data terkait pada Satuan Kerja Operasi dan Pemeliharaan*, Balai Wilayah Sungai Maluku, Maluku.

Irfan Sudono, Charisal Akdian dan Bayu Raharja, 2011. *Rasionalisasi Jaringan Pos Hidrologi*, <http://raharjabayu.wordpress.com/2011/06/09/rasionalisasi-jaringan-pos-hidrologi/>, 10 Mei 2012.

Ludofikus Dumin, 2008. Revitalisasi Jaringan Pos Penakar Hujan pada Daerah Aliran Sungai Benain, jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/22096773_1979-9640.pdf, 2012.

Suryana, 2008. *Analisis Diskriminan dan Analisis Regresi (Stepwise)*, <http://statistikaterapan.wordpress.com/2008/09/17/analisis-diskriminan-dan-analisis-regresi-stepwise/>. 14 Mei 2012.