

Teknologi Kendali Mutu data Hidrologi Berbasis Skoring dalam Rangka Peningkatan Kualitas Data

Hidrological Data Quality Control Technology Based on Scoring in The Framework of Data Quality Improvement

Mirwan Rofiq G*, S.M Yuningsih, M. Fauzi, Desi W, Asep F, Lintang G
Balai Litbang Hidrologi dan Tata Air, Pusat Litbang Sumber Daya Air

*)Penulis untuk korespondensi: Tel./Faks. +6281320601566
email: mirwanrofiq@gmail.com

ABSTRACT

Hydrological data is a determinant of the results of reliable hydrological analysis. Facts in the field indicate that the data is not in accordance with the ideal conditions. Scoring technology for quality control based on scoring hydrology is made to early detect the source of problems that can be improved, anticipated accurately and quickly, so that the quality of hydrological data can be improved. Hydrological data quality control methods include appraisal performance of tools and station observer, field data, results of data processing, and recommendations for improvement. The application of technology has been carried out in several pilot stations with the results of the quality control of rainfall data 41 stations in the good category, 14 poor stations and 3 bad stations. The discharge data 2 stations are in the poor category and 12 in the bad stations. Sediment data of 3 stations are categorized as poor. Climatology data for 1 stations is categorized as good. The results of the quality control and recommendations were then made a minor improvement scenario, the results showed an increase in the category to be good. This technology does not yet exist in Indonesia and is a development that has gone through trials and applications.

Keywords: *Scoring technology, quality control, quality, hydrology, reliability*

ABSTRAK

Data hidrologi merupakan penentu hasil analisis hidrologi yang andal. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa data tidak sesuai dengan kondisinya. Teknologi kendali mutu data hidrologi berbasis skoring dibuat untuk mendeteksi secara dini sumber permasalahan yang terjadi agar dapat diperbaiki, diantisipasi secara tepat dan cepat, sehingga kualitas data hidrologi dapat ditingkatkan. Metode kendali mutu data hidrologi meliputi penilaian kinerja alat dan penjaga pos, data lapangan, hasil pengolahan data, dan rekomendasi peningkatan. Penerapan teknologi telah dilakukan di beberapa pos percontohan dengan hasil kendali mutu data hujan 41 pos berkategori baik, 14 pos kurang baik dan 3 pos jelek. Data debit 2 pos kategori kurang baik dan 12 pos jelek. Data sedimen 3 pos berkategori kurang baik. Data klimatologi 1 pos berkategori baik. Hasil kendali



mutu dan rekomendasi kemudian dilakukan skenario perbaikan ringan, hasilnya menunjukkan peningkatan kategori menjadi baik. Teknologi ini belum ada di Indonesia dan merupakan pengembangan yang telah melalui ujicoba dan penerapan.

Kata kunci: Teknologi skor, kendali mutu, kualitas, hidrologi, keandalan

PENDAHULUAN

Ketersediaan data hidrologi yang berkualitas baik, kontinyu dan mudah diakses merupakan salah satu faktor penentu hasil analisa hidrologi menjadi baik dan andal. Akan tetapi, fakta di lapangan menunjukkan bahwa banyak data yang kualitasnya rendah, tidak berekesinambungan, dan sulit di akses serta tidak sesuai dengan kondisi yang ideal.

Sistem pengelolaan dan pemantauan data hidrologi yang baik akan menghasilkan mutu data yang baik pula. Hasil pengukuran mutu data debit sungai secara sampling menunjukkan mutu data sebagian besar kurang baik. Hal tersebut mengindikasikan ada komponen sistem pengelolaan data hidrologi yang perlu dibenahi terutama menyangkut operasi dan pemeliharaan, pengukuran, dan pengolahan data. Peningkatan operasi dan pemeliharaan, peralatan hidrologi, sarana dan prasarana, dan sumber daya manusia, serta dana dan institusi perlu segera dilakukan (Puslitbang, 2016).

Pengelola data hidrologi dituntut mampu meningkatkan kualitas data hidrologi melalui peningkatan kinerja semua komponen sistem monitoring atau sistem manajemen mutu. Hamilton (2012) dan WMO (2011) menyatakan bahwa Sistem Manajemen Mutu adalah sistem manajemen yang mengarahkan dan mengendalikan suatu organisasi yang berkecimpung dalam bidang monitoring hidrologi. Salah satu aspek sistem manajemen mutu adalah kendali mutu atau quality control. Model Quality Control meninjau, menilai dan mengukur kondisi pos di lapangan, semua aktifitas di lapangan dan di kantor yang berhubungan dengan kegiatan yang menghasilkan data hidrologi serta mengeluarkan rekomendasi teknis yang dapat menilai seluruh sistem pengendali dan penggerak yang bersangkutan dengan data hidrologi.

Teknologi kendali mutu data hidrologi merupakan sebuah metode yang dirancang sedemikian rupa untuk memudahkan dalam analisa kendali mutu data hidrologi. Teknologi ini bertujuan untuk memperoleh data hidrologi yang akurat dan andal dengan cara mendeteksi penyimpangan sedini mungkin dengan rekomendasi peningkatan atau perbaikan yang tepat sasaran. Strategi utama untuk mencegah kesalahan informasi yakni mencakup pemeriksaan data, membantu pemantauan, dan memberikan dukungan keputusan, serta rekomendasi peningkatan yang perlu dilakukan. Pengembangan teknologi kendali mutu data hidrologi akan terus berproses melalui ujicoba demi penyempurnaan dan mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan.

Model kendali mutu ini data hidrologi akan diberi nilai bobot kualitatif dengan memberi kategori nilai kualitas data yaitu kategori data baik, kurang baik dan jelek atau tidak realistis, dan rekomendasi teknik. Hasil rekomendasi dapat



menjadi acuan bagi pengelola hidrologi di daerah guna meningkatkan pengelolaan data lapangan, baik kontinuitas maupun kualitas data, sehingga pengguna data dapat memperoleh data hidrologi secara cepat mudah, lengkap dan akurat. Teknologi kendali mutu data hidrologi yang dikembangkan meliputi kendali mutu data debit, data hujan, data klimatologi, dan data sedimen. Teknologi kendali mutu masih terus berproses dalam penerapannya sehingga masih ada peluang untuk dapat ditingkatkan sesuai dengan tingkat kepentingan yang dikehendaki. Namun teknologi tersebut sudah dapat digunakan dalam analisa kendali mutu data hidrologi terkait basis data dan publikasi data, karena sudah melalui ujicoba dan diskusi teknis (Puslitbang, 2018).

Penelitian dilaksanakan di 14 pos duga air, 58 pos hujan dan 1 pos klimatologi yang tersebar di Pulau Jawa. Pulau Jawa dipilih karena sebagian besar pos Pulau Jawa memiliki histori data yang panjang dan lengkap, sehingga penerapan ini diharapkan dapat mewakili dan meningkatkan kualitas data secara signifikan.

METODE PENELITIAN

Kerangka pemikiran teknologi kendali mutu data hidrologi disajikan pada Gambar 1. Tahapan kendali mutu yang dilakukan untuk masing-masing data berbeda-beda, berkisar 2 - 4 tahap kendali mutu. Metode pelaksanaan kendali mutu data hidrologi berisi metode pemeriksaan data hidrologi secara otomatis mengikuti kaidah-kaidah tertentu dan disesuaikan dengan kondisi data yang bersangkutan. Informasi yang tersedia diharapkan mampu mendeteksi data yang baik, kurang baik, dan jelek (tidak layak untuk digunakan). Teknologi kendali mutu data hidrologi nasional hanya sebatas mengetahui kejanggalan data yang terjadi. Setelah diketahui letak kejanggalan data tersebut maka data yang dianalisa diberi kategori sesuai dengan tingkat kesalahan data dan diberikan rekomendasi perbaikan yang diperlukan berdasarkan diagram radar. Perbaikan tersebut diharapkan dilakukan oleh pihak pengelola pos hidrologi. Data dan metode yang akan digunakan dalam analisa kendali mutu harus sesuai dengan standar yang ada dalam SNI.

Kriteria QC Data Debit dan Sedimen

QC₁ : a. kesesuaian lokasi,

- b. kondisi pos, kinerja bangunan dan alat,
- c. kinerja mandor,
- d. kinerja pengukurandata debit dan sedimen.

QC_{2a} : a. analisa data muka air,

- b. analisa lengkung debit,
- c. analisa lengkung sedimen,

QC₃ : analisa konsep data debit

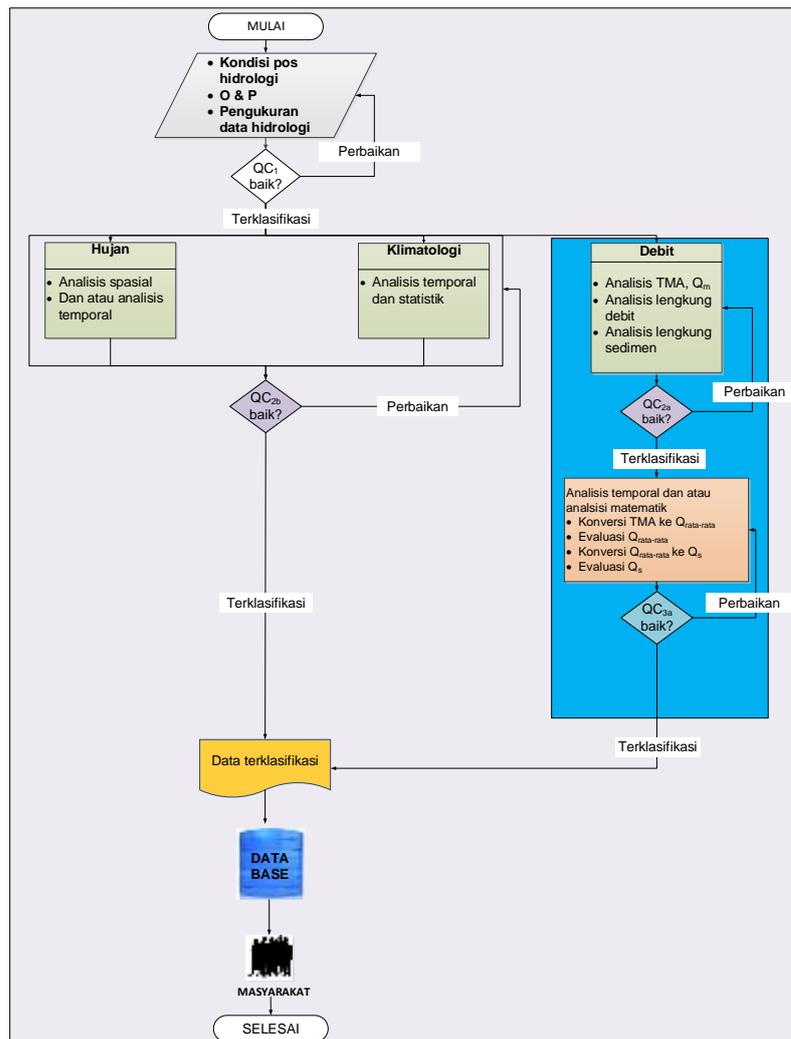
QC akhir (data terklarifikasi): kombinasi hasil penilaian QC_{2a} dan QC₃ menggunakan bobot faktor.

Kriteria QC Data Hujan dan Klimatologi,

QC₁ : Kondisi pos (kinerja alat, lingkungan dan SDM)



QC_{2b} : Analisa spasial dan temporal



Gambar 1 Kerangka Pikir Kendali Mutu Data Hidrologi

Nilai QC akhir diperoleh dengan cara mengkombinasikan nilai QC_{2a} dan QC₃ untuk data debit dan sedimen, dan QC₁ dan QC_{2b} untuk data hujan, dan klimatologi dengan bobot faktor masing-masing QC atau berdasarkan *Matrix Expert Judgement* (Puslitbang, 2017). Nilai untuk masing-masing kriteria maupun sub kriteria sebagai hasil penilaian kondisi pos maupun data kemudian digunakan untuk menghitung nilai akhir pada QC₁, QC₂, dan QC₃. Nilai QC dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Nilai QC} = \sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{i=1}^n ((Nk_1 x Sk_1) + \dots + (Nk_i x Sk_i)) \right\} K_j \dots \dots \dots 1$$

Keterangan:

- Nk₁...Nk_i : hasil penilaian kondisi Baik (3) Kurang Baik (2) Jelek (1)
- Sk₁...Sk_i : bobot subkriteria tertentu dari kriteria tertentu
- K₁... K_j : bobot kriteria tertentu



Hasil perhitungan dengan menggunakan formula tersebut kemudian dibagi menjadi 3 kategori:

Baik : $QC > 2,333$

Kurang Baik : $QC (1,666-2,333)$

Jelek : $QC < 1,666$

Penentuan nilai kategori berdasarkan metode pembagian interval teratur menggunakan rumus sebagai berikut:

$$c = \frac{n_{max}-n_{min}}{k} \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan:

c : nilai interval dari kategori

k : jumlah kelas kategori (Baik, Kurang Baik, dan Jelek)

$n_{max};n_{min}$: nilai maksimum; nilai minimum

Hasil dari penilaian kemudian diberi kategori berdasarkan hasil analisa. Berdasarkan hasil analisa tersebut, diusulkan rekomendasi teknis dalam rangka peningkatan kualitas berdasarkan analisa diagram RADAR untuk masing-masing tahapan sehingga dapat dilakukan pembuatan skenario perbaikan. Skenario perbaikan hanya diberikan contoh untuk rekomendasi yang tergolong pada kelas ringan. Skenario perbaikan ringan hanya akan diterapkan pada beberapa sub kriteria yang mempengaruhi kualitas data dengan jenis perbaikan ringan. Tidak semua faktor yang meragukan atau buruk dapat dilakukan perbaikan ringan karena memerlukan biaya besar dan harus melalui suatu proses, serta memerlukan waktu relatif lama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penerapan Kendali Mutu Data Debit (QC_Q)

Penerapan kendali mutu data debit periode pertama dilakukan terhadap 14 pos duga air di Provinsi Banten, Jawa Barat, DI Yogyakarta, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Penerapan kendali mutu data debit meliputi analisa kendali mutu QC_{Q-1} , QC_{Q-2} , QC_{Q-3} dan $QC_{Q-Akhir}$. Analisa kendali mutu data debit QC_{Q-1} , QC_{Q-2} , dan QC_{Q-3} menggunakan blangko kuesioner yang telah ditentukan parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas data dengan kriteria dan sub kriteria, serta bobotnya (Ginanjari *et al.*, 2017). Hasil analisa kendali mutu data debit terlihat pada Tabel 1.

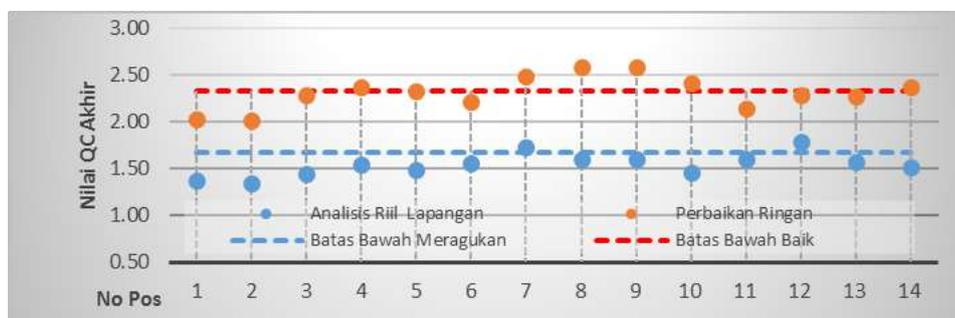
Hasil analisa kendali mutu QC_{Q-2} , QC_{Q-3} , dan $QC_{Q-Akhir}$ menunjukkan bahwa dari 14 pos yang dianalisa tidak ada satupun pos yang mempunyai kategori Baik. Penyebab utama hasil kendali mutu QC_{Q-2} dan QC_{Q-3} tidak baik adalah karena kualitas data dan metode yang digunakan dalam pembuatan lengkung maupun dalam pengolahan data debit. Berdasarkan hasil analisa kendali mutu data debit pada tahap QC_{Q-1} , QC_{Q-2} , dan QC_{Q-3} tersebut kemudian dilakukan perbaikan dengan skenario perbaikan ringan.



Tabel 1 Hasil Analisa Kendali Mutu Data Debit

Propinsi	No Pos	Nama Pos	Hasil Analisa Kendali Mutu/ Kategori			
			QC _{Q-1}	QC _{Q-2}	QC _{Q-3}	QC _{Q-Akhir}
Banten	1	Ciujung-Rangkasbitung	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek
Jawa Barat	2	Citarum-Nanjung	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek
	3	Cikapundung- Maribaya	Kurang Baik	Jelek	Kurang Baik	Jelek
	4	Cigulung-Maribaya	Kurang Baik	Jelek	Kurang Baik	Jelek
	5	Citanduy-Cirahong	Kurang Baik	Jelek	Jelek	Jelek
	6	Cimanuk-Leuwidaun	Baik	Jelek	Jelek	Jelek
	7	Cisadane-Batubeulah	Baik	Kurang Baik	Jelek	Kurang Baik
	DIY	8	Winongo-Padokan	Baik	Kurang Baik	Jelek
9		Winongo-Sinduadi	Kurang Baik	Jelek	Jelek	Jelek
10		Progo-Duwet	Baik	Jelek	Kurang Baik	Jelek
Jawa Tengah	11	Garang-Patemon	Jelek	Jelek	Kurang Baik	Jelek
	12	Solo-Jurug	Baik	Kurang Baik	Kurang Baik	Kurang Baik
	13	Serayu-Banjarnegara	Kurang Baik	Jelek	Kurang Baik	Jelek
Jawa Timur	14	Madiun-Nambangan	Baik	Jelek	Kurang Baik	Jelek

Hasil analisa kendali mutu data debit dengan skenario perbaikan ringan menunjukkan peningkatan kualitas yang cukup signifikan. Kualitas data pada QC_{Q-Akhir} secara otomatis mengalami peningkatan karena adanya perbaikan ringan pada tahap analisa kendali mutu QC_{Q-2} dan QC_{Q-3} tersebut. Gambar 2 terlihat adanya perubahan kualitas, yaitu Kategori buruk meningkat menjadi Baik ada 5 pos, kategori Buruk menjadi Meragukan ada 7 pos, Kategori Meragukan ada 1 pos, tetapi ada 1 pos yang tidak mengalami perubahan yaitu pos Bengawan Solo-Jurug namun bila dilihat dari total nilai mengalami peningkatan dari 1,7814 menjadi 2,2935. Data yang berkualitas sedang dan buruk harus tetap dilakukan perbaikan namun memerlukan alokasi waktu dan biaya yang tidak semudah dalam perbaikan ringan.



Gambar 2 Hasil Analisa Kendali Mutu QC_{Q-Akhir} dengan Skenario Perbaikan Ringan

Hasil Penerapan Kendali Mutu Data Sedimen (QC_{SS})

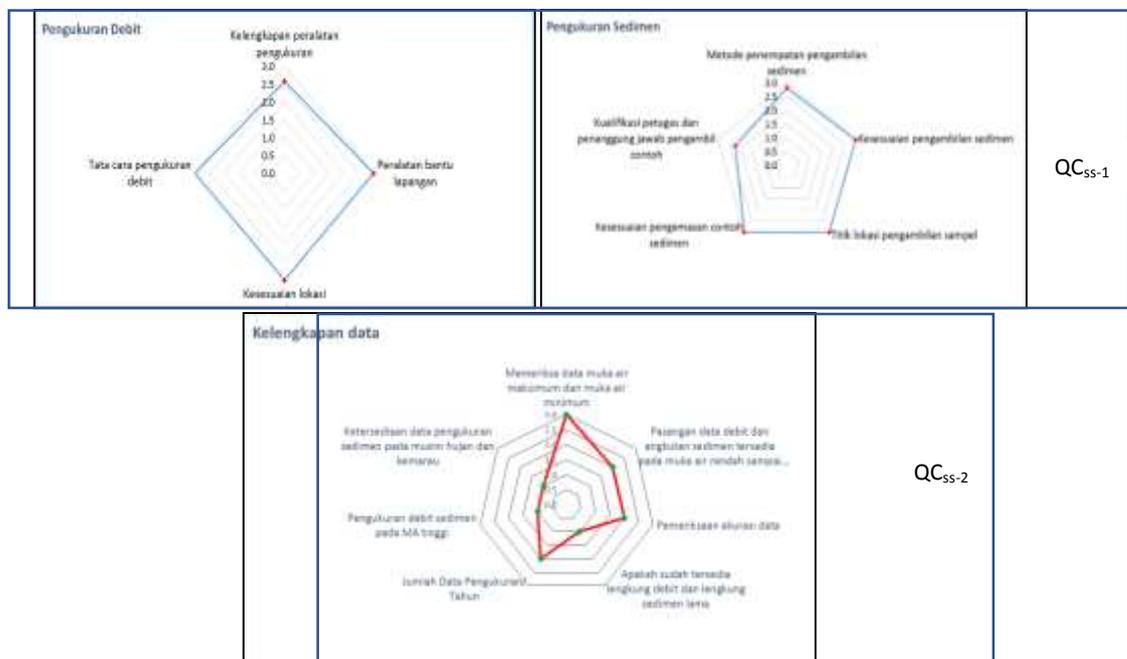
Penerapan model kendali mutu data sedimen dilakukan di pos duga air S. Tabo Tabo – Mangilu, S. Maros – Lekopancing, dan Citarum - Majalaya. Penerapan kendali mutu data sedimen meliputi analisa kendali mutu QC_{SS-1}, QC_{SS-2}, dan QC_{Q-Akhir}. Analisa kendali mutu data debit QC_{SS-1}, dan QC_{SS-2}, menggunakan blangko kuesioner yang telah ditentukan parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas data dengan kriteria dan sub kriteria, serta bobotnya (Puslitbang, 2018). Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 2.



Tabel 2 Resume hasil analisis kendali mutu data debit dan sedimen Tahun 2017

Pos Duga Air	Hasil Analisis	Kendali Mutu Data Debit					Kendali Mutu Data Sedimen		
		QC _{Q-1}	QC _{Q-2WL}	QC _{Q-2RC}	QC _{Q-3}	QC _{Q-akhir}	QC _{SS-1}	QC _{SS-2}	QC _{SS-akhir}
S. Tabo-Tabo – Mangilu	Nilai	2,194	1,910	2,7	2,278	2,296	2,862	2,128	2,212
	Kategori	Kurang Baik	Kurang Baik	Baik	Kurang Baik	Kurang Baik	Baik	Kurang Baik	Kurang Baik
S. Maros – Lekopancing	Nilai	2,610	2,814	2,017	2,278	2,369	2,915	2,289	2,306
	Kategori	Baik	Baik	Kurang Baik	Kurang Baik	Kurang Baik	Baik	Kurang Baik	Kurang Baik
Citarum – Majalaya	Nilai	2,33	2,36	2,62	3,00	2,66	2,64	2,11	2,22
	Kategori	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Meragukan	Meragukan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, tidak ada pos duga air yang terkategori Baik. Untuk mengidentifikasi kesalahan yang menyebabkan hal tersebut dengan cara memperhatikan diagram radar (Yuningsih *et al.*, 2018), seperti Gambar 3.



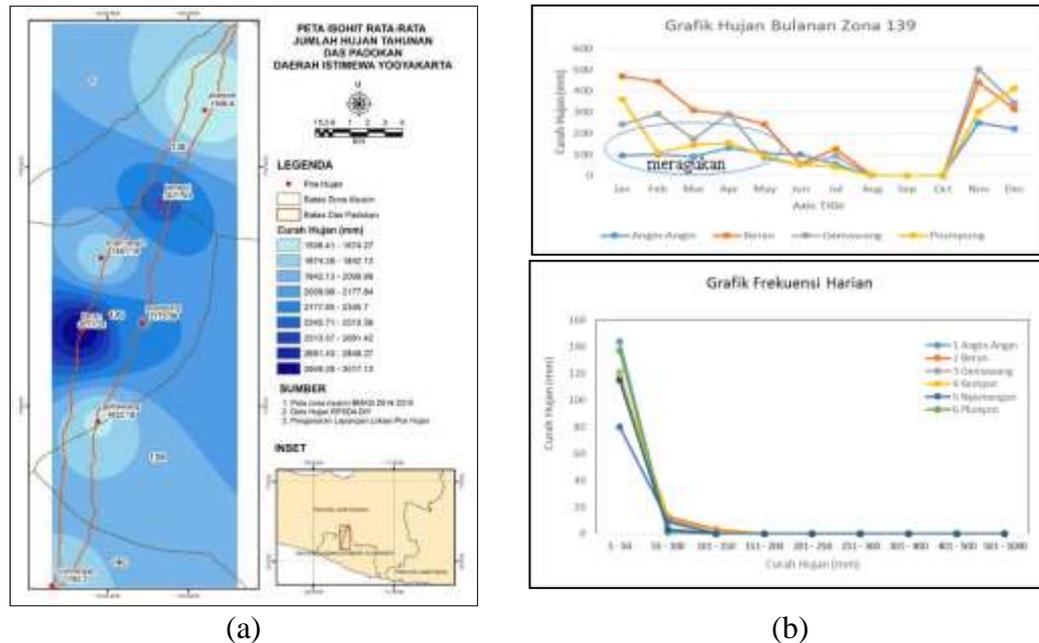
Gambar 3. Diagram Radar QC_{SS-1} dan QC_{SS-2} Kriteria Pengukuran Debit di pos duga air Tabo Tabo – Mangilu

Analisis kendali mutu data sedimen tahap 2 dilakukan dengan melihat kondisi pasangan data pengukuran sedimen melayang dan data pengukuran debit, serta proses dan hasil pembuatan lengkung sedimen. Berdasarkan hasil analisis QC_{SS-1} dan QC_{SS-2} diperlukan suatu tindakan yang cukup serius yaitu pelaksanaan pengambilan sampel sedimen hingga muka air tinggi, peningkatan kualifikasi petugas pengambil sampel sedimen dengan cara pelatihan dan pendampingan, dan peningkatan akurasi alat ukur debit dengan cara mengkalibrasi secara rutin.



Hasil Penerapan Kendali Mutu Data Hujan (QC_P)

Analisa kendali mutu data hujan tahap 1 (QC_{P-1}) dilakukan dengan kriteria kinerja alat, lingkungan, dan kemampuan manusia dalam mengoperasikan. Analisis QC_{P-2} dilakukan dengan cara melihat hasil analisis isohit hujan dan melalui analisis grafik hujan bulanan terhadap pos hujan dalam satu zona iklim yang sama.



Gambar 4. Contoh hasil analisis spasial (a) dan temporal (b)

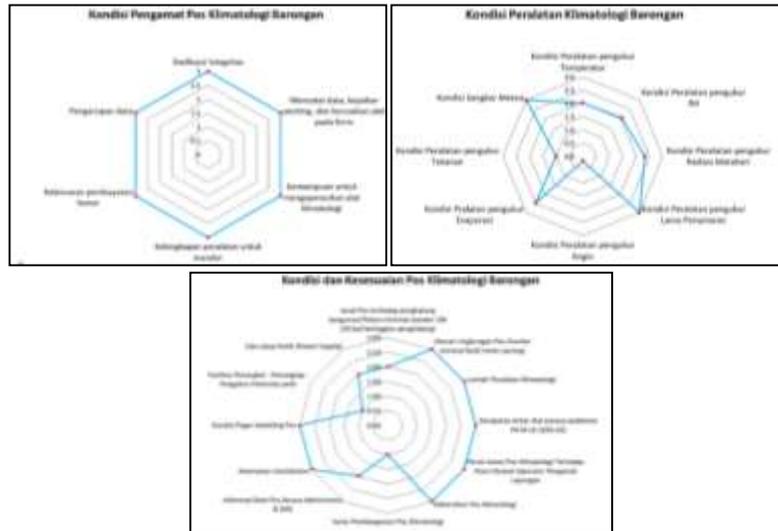
Penerapan kendali mutu data hujan dilakukan terhadap 58 pos hujan yang tersebar di daerah aliran sungai (DAS) Cijung Cidanau Cidurian (C3), Citarum, Citanduy, Serayu, Progo, Garang, Bengawan Solo, dan Madiun. Berdasarkan hasil analisa data survei identifikasi kinerja pos menunjukkan 41 pos mempunyai kategori Baik untuk seluruh sub kriteria, kecuali sub kriteria pohon/rumah/bangunan, 14 pos berkategori Kurang Baik dan 3 pos Jelek. Skenario yang dilakukan adalah dengan asumsi dilakukan perbaikan ringan terhadap QC_{P-1} seperti kondisi kebersihan, memangkas pohon yang berada dekat dengan pos, perbaikan kran dan corong, serta kerajinan pengamat. Hasil dari skenario tersebut adalah kinerja Baik meningkat dari menjadi 46 pos, kinerja Kurang Baik berkurang menjadi 11 pos, dan kinerja pos Jelek menjadi 1 pos. Hal ini manandakan bahwa hanya dengan melakukan ringan terhadap pos hujan maka hasilnya menunjukkan pengaruh yang baik terhadap kualitas data keseluruhan (Yuningsih, 2015).

Hasil Penerapan Kendali Mutu Data Klimatologi (QC_K)

QC_K dilakukan melalui 2 tahapan yaitu pengisian formulir penilaian QC_{k-1} untuk menilai Mutu Kondisi Lingkungan Pos beserta peralatan pengamatan dan Mutu Sumber Daya Manusia dan pengisian formulir penilaian QC_{k-2} untuk menilai Mutu Data Klimatologi.

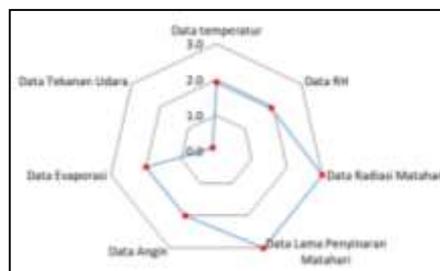


Hasil yang telah dilakukan pada pos klimatologi Barongan menunjukkan bahwa semua parameter tahap QC_{k-1} dalam kategori Baik dengan catatan pihak pengelola harus memperhatikan Panci Evapo dikarenakan dalam keadaan kotor sehingga mempengaruhi pembacaan *hook gauge*, Membersihkan termometer apung atau bahkan menggantinya dikarenakan angka pada alat sudah tidak dapat terbaca, Membersihkan kaca pada alat aktinograf yang berlumut agar radiasi matahari yang masuk tidak terhalang oleh noda lumut.



Gambar 5 Diagram radar QC_{K-1} pos klimatologi Barongan

Tahap kedua yang dilakukan pada kendali mutu data klimatologi (QC_{k-2}) adalah melakukan analisa statistik sederhana seperti, *range check* yang merupakan penentuan batas atas dan batas bawah dari data historis setiap parameter. Selain itu, juga digunakan metode *consistency check* dengan cara membandingkan besaran nilai suatu parameter dengan parameter lainnya yang masih memiliki hubungan sebab akibat yang saling mempengaruhi. Hasil analisa QC_{k-2} untuk parameter Kelembaban berkategori Kurang Baik, disebabkan oleh nilai kelembaban udara banyak meragukan dikarenakan semua pengamat hanya mengamati nilai kelembaban pada pagi hari, hal tersebut menyebabkan nilai kelembaban suatu pos menjadi sangat besar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan secara umum pos klimatologi Barongan berkategori Baik (Puslitbang, 2018).



Gambar 6 Diagram radar QC_{K-2} pos klimatologi Barongan



KESIMPULAN

Teknologi kendali mutu data hidrologi ini dapat diterapkan secara mudah, efektif dan efisien karena parameter-parameter (kriteria dan sub kriteria) yang digunakan mudah dimengerti. Analisa kendali mutu dengan mudah dapat digunakan karena nilai otomatis muncul pada aplikasi yang telah tersedia dengan perangkat lunak Excel. Teknologi ini dilengkapi dengan rekomendasi peningkatan atau perbaikan yang perlu dilakukan secara mudah dan tepat sasaran karena penyimpangan yang terjadi dapat diketahui berdasarkan diagram RADAR. Penerapan teknologi kendali mutu ini dengan disertai perbaikan ringan sudah dapat meningkatkan kualitas data secara signifikan, apalagi jika dilakukan perbaikan secara menyeluruh. Teknologi kendali mutu ini harus dilakukan secara bertahap oleh sumber daya manusia yang kompeten di bidangnya, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat segera dikoreksi atau diperbaiki secara dini untuk mencegah persoalan lebih besar dan sulit untuk diperbaiki. Teknologi kendali mutu data hidrologi ini diharapkan mempunyai manfaat dalam sertifikasi pos hidrologi dan data serta menjadi acuan bagi pengelola data hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ginangjar, R.M, dan Yuningsih, S.M. 2017. Penerapan Model Kendali Mutu Data Hidrologi Dalam Rangka Peningkatan Kualitas Data. *Jurnal Sumber Daya Air*. 13(2): 131-146
- Hamilton, S. 2012. The 5 Essential Elements of a Hydrological Monitoring Programme, *Bulletin Vol. 61 (1)*.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2016. Konsep Pedoman Kendali Mutu Data Debit. Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum. Desember 2016.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2017. Laporan Akhir Kendali Mutu Data Hidrologi Nasional. Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum. Desember 2017.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2018. Konsep R0 Kendali Mutu Data Klimatologi. Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum. Desember 2018.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2018. Konsep R0 Kendali Mutu Data Sedimen. Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum. Desember 2018.
- World Meteorological Organization (WMO). 2011, Guide to the Quality Management System for the Provision of Meteorological Service for International Air Navigation. Genewa: World Meteorological Organization.
- Yuningsih SM., Galih Sukma L., dan Soewaeli.S.A. 2015. Kendali Mutu Data Hujan Harian Dalam Satu Tahun di Daerah Istimewa Yogyakarta . *Jurnal Sumber Daya Air*. 11(2): 135-150.
- Yuningsih SM., dan Fauzi M. 2018. Pembuatan Model Kendali Mutu Data Sedimen. *Jurnal Sumber Daya Air*. 9(2): 99-114

