

ANALISIS FENOMENA KEHILANGAN AIR SUNGAI CISUWARNA

Petrus Syariman¹✉, Hendarmawan²

¹Peneliti Madya Bidang Teknik Hidrologi
Pusat Litbang Sumber Daya Air, Jl. H. Juanda No. 193, Bandung

²Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
✉E-mail: petrussy@bdg.centrin.net.id

Diterima: 26 Agustus 2009; Disetujui: 22 Maret 2010

ABSTRAK

Debit aliran Sungai Cisuwarna merupakan salah satu pasok air bagi Rawa Danau yang sangat diandalkan oleh masyarakat, baik di hilir maupun di hulu. Kehilangan sebagian volume air Sungai Cisuwarna menyebabkan pemanfaatan airnya menjadi tidak optimum. Indikasi kehilangan air terlihat dari hasil simulasi dari model SSARR yang menunjukkan bahwa debit hasil perhitungan lebih besar dari pada debit hasil pengukuran (observasi). Metode yang dipergunakan adalah pengukuran debit, pengukuran curah hujan yang jatuh di dalam DAS Cisuwarna, analisis hujan–limpasan dengan model SSARR, analisis koefisien runoff, analisis korelasi dengan menggunakan metode statistik, survei alur sungai guna mencari fenomena alam seperti air terjun dan interpretasi peta-peta geologi guna mengidentifikasi daerah patahan atau sesar. Hasil analisis membuktikan bahwa telah terjadi kehilangan volume air tahunan rata-rata sebesar 12,4 juta m³ atau hilang sebesar 45% dari debit yang dihitung. Hilangnya sejumlah volume aliran diperkirakan masuk ke dalam sesar sebelum masuk ke Rawa Danau. Dampaknya, Rawa Danau senantiasa mengalami defisit air setiap tahun.

Kata kunci: Kehilangan air, debit perhitungan, hujan-limpasan, patahan, defisit air.

ABSTRACT

Discharge from Cisuwarna River is one of the main inflows to Rawa Danau highly expected by local people either upstream or downstream. Part of water loss of Cisuwarna caused not optimum domestic water use. Water loss indication can be seen from the simulation results by using SSARR model that calculated discharge greater than observed. The methods used for water loss analysis are simultaneous discharge measurement, rainfall – runoff and coefficient correlation analysis, and geological map interpretation. The analysis result has proven that the average water loss at Cisuwarna is about 12.4 million cumec per year or about 45% of calculated discharge. Water loss is assumed to flow into the fault before flowing into Rawa Danau. Water deficit is always going through every year in Rawa Danau.

Keywords: Water loss, calculated discharge, rainfall-runoff, faults, water deficit.

PENDAHULUAN

Sungai Cisuwarna adalah salah satu sungai yang bermuara ke Rawa Danau. Hulu sungai berasal dari Gunung Karang dengan ketinggian sekitar 2000 m dari permukaan air laut. Aliran Sungai Cisuwarna sebelum masuk ke Rawa Danau telah dimanfaatkan oleh masyarakat Kecamatan Padarincang yang bermukim di sekitar sungai. Di bagian hulu, air sungai dimanfaatkan masyarakat untuk irigasi rakyat (non teknis), air minum dan lain-lain. Setelah masuk ke Rawa Danau airnya dimanfaatkan juga bagi kegiatan masyarakat di hilir Rawa Danau, termasuk kegiatan Industri Krakatau Steel yang membutuhkan air dalam jumlah besar.

Beberapa penelitian tentang potensi Rawa Danau telah dilakukan beberapa tahun lalu, namun potensi debit sungai-sungai yang masuk ke Rawa Danau belum dicantumkan.

Tim Geologi, Fakultas Teknik Geologi UNPAD dan Tim Hidrologi Pusat Litbang Sumber Daya Air, telah melakukan penelitian bersama tentang potensi hidrologi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisuwarna yang dilakukan selama satu tahun. Dalam bidang hidrologi, penelitian lebih ditekankan pada potensi air permukaan, sedangkan dalam bidang geologi, ditekankan pada potensi air tanah. Kedua penelitian ini diharapkan dapat saling mendukung dalam analisis tentang kondisi

potensi air permukaan dan hidrogeologi DAS Cisuwarna secara kuantitatif.

Kondisi geologi daerah penelitian menunjukkan keadaan yang cukup rumit dan kompleks. Hal tersebut ditandai dengan adanya paleo morfologi batuan gunung api tua dan ditutupi oleh tiga sumber batuan gunung api muda, yaitu Gunung Kamuning, Gunung Parakasak dan Gunung Karang. Kerumitan juga ditandai dengan perubahan batuan yang jaraknya sangat pendek serta berkembangnya struktur geologi, baik yang melintas DAS Cisuwarna, maupun yang searah dengan arah landaian DAS Cisuwarna.

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pengukuran debit Sungai Cisuwarna dalam rangka simulasi mengubah data hujan menjadi aliran (*Rainfall-Runoff*). Tujuannya adalah untuk menghitung volume aliran tahunan yang sebenarnya dari Sungai Cisuwarna sebelum masuk ke Rawa Danau.

Lokasi DAS Cisuwarna secara administratif terletak di Kecamatan Padarincang, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Secara geografis, DAS Cisuwarna terletak antara $06^{\circ}12'4''$ - $06^{\circ}16'41''$ LS dan $105^{\circ}58'11''$ - $106^{\circ}2'56''$ BT, seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Luas DAS Cisuwarna $20,4 \text{ km}^2$ dan panjang sungai dari hulu sampai ke Rawa Danau sekitar 12 km dengan gradien dasar sungai $0,10 \text{ m/m}$. Rawa Danau (dikenal juga dengan nama Ranca Danau) berupa danau air tawar dengan panjang 10 km dan dikelilingi oleh hutan rawa air tawar. Sebagian besar danau ini ditutupi oleh cengeng gondok, kasau air dan tumbuhan air lainnya. Rawa Danau dikelilingi oleh gunung dan hanya memiliki satu saluran pengeluaran air (*outlet*), yaitu melalui Sungai Cidano.

Berdasarkan hasil survei lapangan dan memperhatikan data pengukuran sesaat, maka ditetapkan hipotesis sebagai berikut:

- 1) Volume aliran tahunan aktual dari Sungai Cisuwarna terlalu kecil bila dibandingkan dengan curah hujan tahunannya, untuk tahun yang sama.
- 2) Sebagian debit Sungai Cisuwarna diperkirakan masuk ke dalam sesar.

Hipotesis tersebut akan dibuktikan melalui beberapa metode pendekatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Volume aliran suatu sungai tidak selalu sesuai dengan kenyataan di lapangan. Terkadang volume alirannya lebih kecil, atau lebih besar, atau lebih kurang sama dengan data volume aliran hasil pengamatan. Volume aliran lebih kecil, secara alami dapat disebabkan oleh hilangnya aliran air ke bawah permukaan melalui celah-celah sesar. Bense et.al., (2003) mengulas, bahwa pengaruh

sesar yang terjadi dekat permukaan, terlihat pada pola vegetasi dan struktur jaringan drainase, pola struktur akuifer dan tinggi jatuh hidrolik. Dengan adanya sesar, terlihat jelas di permukaan adanya perubahan tinggi jatuh pada aliran, dan ditemuinya perbedaan elevasi muka air tanah. Ackman dan Jones (1991) mengemukakan metode identifikasi dan pengurangan kehilangan aliran sungai ke daerah bekas tambang. Metode yang digunakan adalah pengukuran debit di bagian hulu dan hilir dari lokasi yang diperkirakan menjadi penyebab kehilangan air. Kehilangan air di sungai dapat terjadi pada segmen tertentu sebagai imbuhan. Imbuhan tersebut berasal dari curah hujan yang jatuh sebagai aliran permukaan, kemudian terinfiltrasi langsung masuk melalui fraktur atau sesar di bawah permukaan (USGS, 2001).

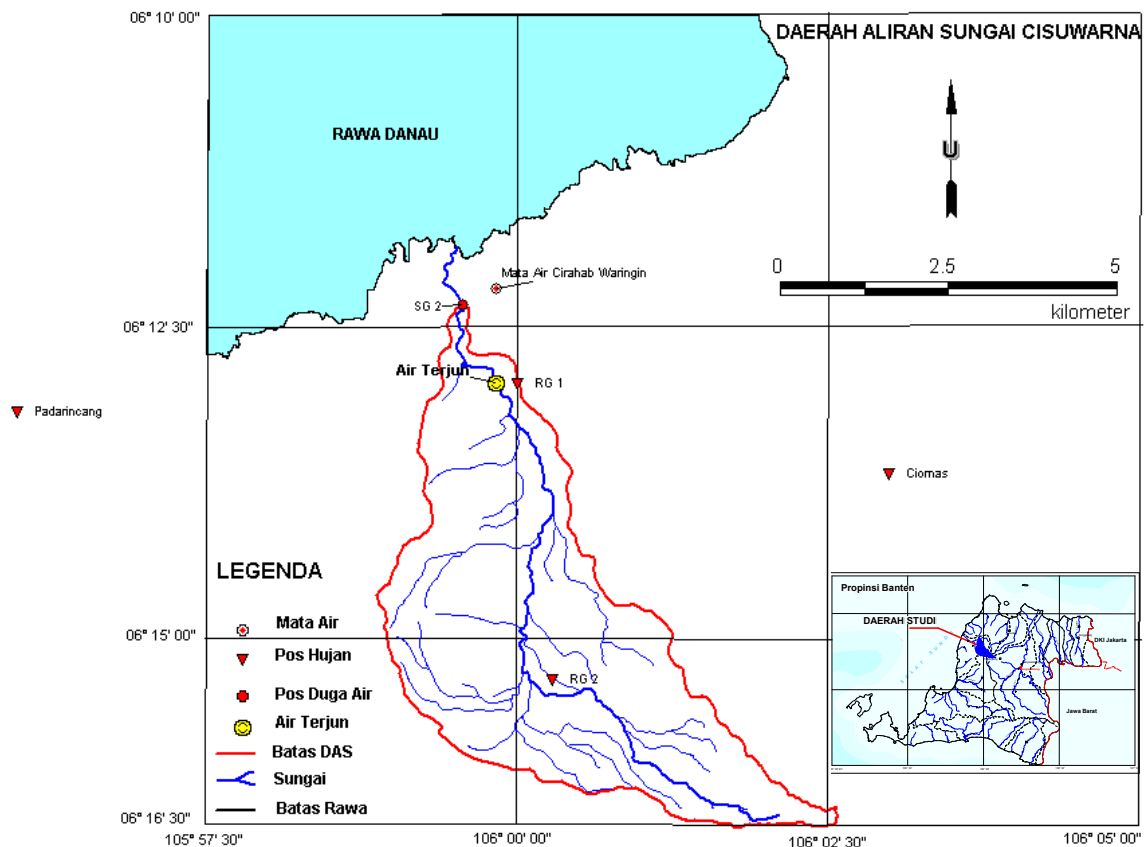
Bentang alam daerah penelitian menunjukkan dua bagian yang sangat berbeda, yaitu bentang alam perbukitan tersusun oleh batuan vulkanik dan bentang alam pedataran yang ditutupi endapan aluvium. Pada kedua bentang alam tersebut berkembang pula dua pola aliran sungai berupa pola radial di sekitar puncak gunung yang berubah menjadi pola pengaliran paralel di bagian tengah Gunung Karang dan Gunung Parakasak serta menerus ke daerah pedataran kemiringan lereng.

Di bagian hulu dari DAS yang ada menunjukkan nilai lebih dari 140%, sedangkan di bagian hilir atau di sekitar Rawa Danau kemiringan memperlihatkan sekitar 2%, dengan ketinggian berkisar antara 90-1750 m dari permukaan laut. Daerah penelitian terbentuk oleh beberapa batuan vulkanik dari beberapa gunung di sekitarnya. Secara rinci dapat disebutkan berupa tuf lapuk dan tuf berbatu apung berasal dari gunung vulkanik tua; tuf dan batuan lava andesit bersumber dari Gunung Kamuning; breksi vulkanik yang padu dan tuf lapili merupakan endapan dari Gunung Parakasak; breksi vulkanik, tuf yang padu serta lava berasal Gunung Karang. Penyebaran semua batuan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 (Rusmana E dkk, 1991; dan dimodifikasi Tim Unpad, 2008).

METODOLOGI

Untuk mengetahui kehilangan volume aliran tahunan Sungai Cisuwarna, maka perlu dilakukan pendekatan dengan metode pengukuran debit dan analisis sebagai berikut:

- 1) Melakukan pengukuran debit di lokasi SG2 pada Sungai Cisuwarna; di bagian hulu dan hilir Curug Goong secara simultan, dengan metode USGS pada kedalaman 0,2 dan 0,8 atau 0,6. Data pengukuran debit di SG2 diperlukan untuk mengkalibrasi hasil



Gambar 1 Lokasi DAS Cisuwarna dan Lokasi Pos Hidrologi

- perhitungan hujan–limpasan, sehingga mendapatkan parameter model yang sesuai.
- 2) Membangkitkan data hujan menjadi debit, didekati dengan metode simulasi menggunakan model SSARR. Di sekitar DAS Cisuwarna terdapat dua pos hujan yang pencatatan datanya cukup panjang dan sebelum dipergunakan, data hujan dari kedua pos tersebut perlu diuji konsistensinya dengan menggunakan analisis kurva massa ganda. Dengan menggunakan parameter hasil kalibrasi, data hujan yang telah diuji konsistensinya dapat dibangkitkan menjadi data debit.
 - 3) Melakukan uji korelasi data hujan dari setiap pos dengan data debit dengan metode statistik. Yang dimaksud dengan uji korelasi adalah korelasi parsial antara data hujan yang terletak di dalam DAS dengan data debit yang diukur di bagian hilir dari air terjun. Rumus yang dipergunakan adalah *Pearson product moment*.
 - 4) Melakukan analisis struktur geologi utama dan pengaruh sekunder pada DAS Cisuwarna dengan interpretasi peta geologi. Dengan menggunakan peta geologi skala 1:100.000 lembar Anyer dan Serang, dapat diketahui indikasi adanya sesar-sesar normal di sekitar

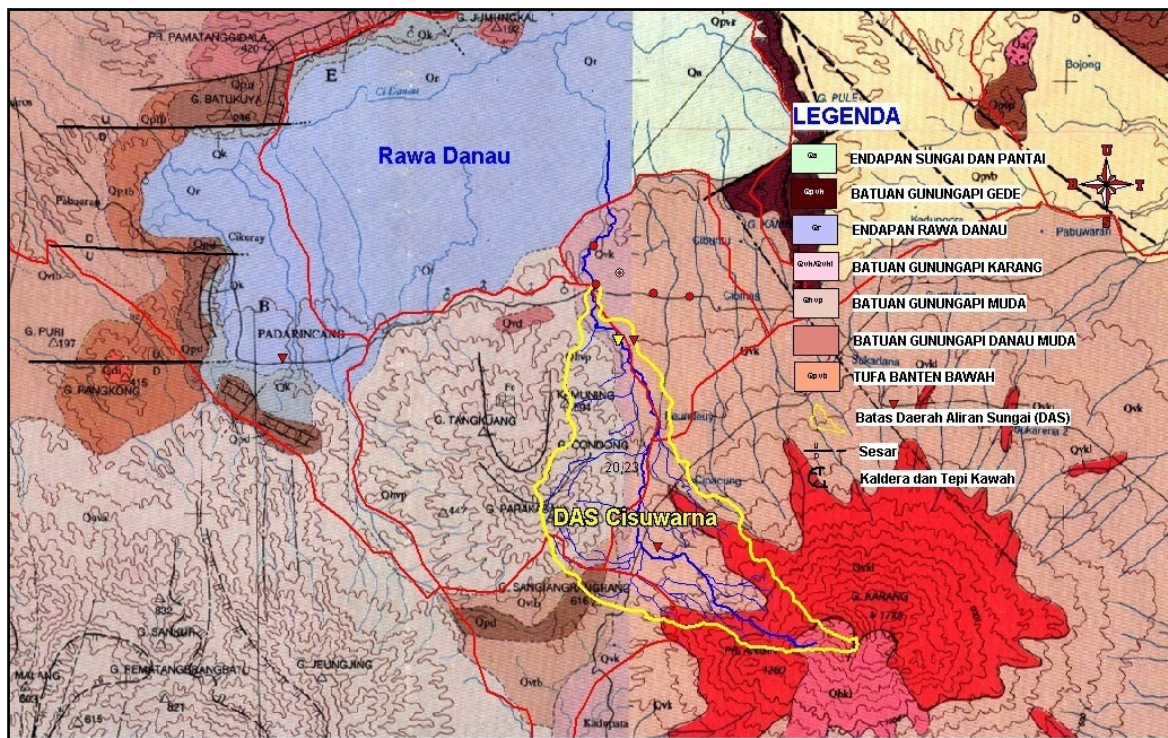
DAS Cisuwarna sehingga menimbulkan adanya air terjun. Melalui peta geologi tersebut, dapat juga diinterpretasikan sejarah terjadinya Rawa Danau yang merupakan hasil erupsi dan depresi gunung api Danau Tua, sehingga menjadikan Rawa Danau seperti saat ini. Hasil depresi tersebut diperkirakan terjadinya air terjun.

PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS

Pada survei awal diketahui, bahwa di DAS Cisuwarna tidak tersedia data curah hujan, debit, indeks lengas tanah (*Soil Moisture Index, SMI*), *baseflow index*, evapotranspirasi dan lain-lain. Data curah hujan yang ada terletak di luar DAS, yaitu Pos hujan Ciomas (RG3) tahun 1976–2008, dan Padarincang (RG4) tahun 1980–2008. Untuk keperluan kalibrasi, maka pada tahun 2008 telah dibangun dua buah pos penakar hujan biasa yang berlokasi di Kebon Cau (RG1), Padarincang dan di Ujung Tebu (RG2), Ciomas. Demikian juga pos pengukuran debit dibangun di S. Cisuwarna di SG2. Lokasi pos hujan RG1–RG4 dan pos duga air tempat pengukuran debit (SG2) dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengukuran debit S. Citarum di SG2 dapat dilihat pada Tabel 1 sedangkan data hujan pada Tabel 2.

Sehubungan dengan keterbatasan data curah hujan, debit, dan data lainnya, maka diperlukan dua buah asumsi agar supaya dapat dipertanggung-jawabkan secara teknis. Asumsi tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Karakteristik iklim dan vegetasi DAS Cisuwarna dengan lokasi pos hujan Ciomas (RG3) yang terletak di luar DAS Cisuwarna dianggap sama, karena jarak dari titik berat DAS Cisuwarna ke pos RG3 hanya 5,8 km, dengan elevasi sekitar 450 m. Oleh karena itu, data hujan Ciomas dapat dianggap sebagai representasi dari data hujan DAS Cisuwarna.
- 2) Mengingat lokasi DAS Cisuwarna dengan lokasi Cidanau masih dalam satu kesatuan DAS Rawa Danau (hulu dan hilir), maka dapat diasumsikan bahwa jenis tanah dan karakteristik DAS nya masih sama. Oleh karena itu, data indeks lengas tanah (*Soil Moisture Index, SMI*), *baseflow index*, *evapotranspirasi* dan lain-lain yang pernah dikumpulkan di sebelah hilir dari DAS Cisuwarna dalam rangka "Data Generation Untuk Studi Desain Bendung Pintu Air Cidanau" tahun 1998 dapat diterapkan di DAS Cisuwarna.



Sumber: Peta Geologi Lembar Anyer dan Serang

Gambar 2 Peta Geologi DAS Cisuwarna dan Sekitarnya

Tabel 1 Data Pengukuran Debit Sungai Cisuwarna (SG2)

No.	Tanggal Pengukuran	Lebar (m)	Luas (m ²)	Vm (m/s)	M.A. (m)	Q (m ³ /s)	Metode Pengukuran	Keterangan
1	24 Feb 08	8,50	2,75	0,76	1,26	2,08	0,2 - 0,8	Merawas
2	22 Mar 08	8,50	2,23	0,45	1,10	1,01	0,2 - 0,8	Merawas
3	26 Apr 08	5,00	0,69	0,39	0,95	0,27	0,2 - 0,8	Merawas
4	21 Mei 08	4,20	0,33	0,20	0,88	0,07	0,6	Merawas
5	28 Jun 08	3,00	0,16	0,09	0,80	0,01	0,6	Merawas
6	23 Agt 08	-	-	-	0,00	0,00	-	Kering
7	20 Sep 08	-	-	-	0,00	0,00	-	Kering
8	30 Okt 08	0,85	0,83	0,13	0,85	0,16	0,6	Merawas
9	27 Nop 08	10,0	2,77	1,12	1,30	3,11	0,2 - 0,8	Merawas
10	11 Des 08	5,80	0,82	0,38	0,98	0,31	0,6	Merawas
11	28 Jan 09	8,50	2,45	0,80	1,21	1,95	0,2 - 0,8	Merawas

Keterangan: Vm, kecepatan aliran rata-rata; M.A., muka air; Q, debit

Tabel 2 Data Curah Hujan di Dalam dan Luar DAS Cisuwarna, Tahun 2008/2009, dalam mm

No. Pos	Lokasi	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	Jan 09	Peb 09	Jumlah
RG 1	Keboncau			323	166	131	23	16	47	64	92	512	569	624	365	2932
RG 2	Ujung Tebu			345	345	257	95	54	222	93	441	568	442	568	756	4186
RG 3	Ciomas	342	486	273	199	120	89	12	174	66	134	232	270			2397
RG 4	Padarincang	461	522	385	240	89	74	0	103	70	372	454	232			3002
Maksimum			522	385	345	257	95	54	222	93	441	568	569	624	756	
Minimum			106	273	166	89	23	0	47	64	92	232	232	568	365	

Dari Tabel 1, telah dilakukan analisis debit rata-rata Sungai Cisuwarna dengan cara membuat lengkung debit (*rating curve*), meskipun disadari jumlah data pengukuran debit pada representasi tinggi muka air yang memadai belum terpenuhi. Melalui lengkung debit seperti pada persamaan (1), dapat dihitung debit harian rata-rata Sungai Cisuwarna. Debit yang diperoleh belum mewakili debit Sungai Cisuwarna yang sesungguhnya, karena data pengukuran yang ada sangat kurang.

$$Q = 7,6714 * (H - 0,625)^{2,8} \quad \dots (1)$$

Q , debit, dalam m³/s

H , tinggi muka air rata-rata, dalam meter

Panjang data debit rata-rata hasil pengukuran kurang dari setahun, belumlah menggambarkan volume aliran Sungai Cisuwarna yang sebenarnya. Oleh karena itu, perlu membangkitkan data hujan dari pos Ciomas (RG3) menjadi data debit di lokasi pengukuran SG2. Model yang dipergunakan adalah model deterministik SSARR (*Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation*). Untuk mendapatkan parameter DAS yang sesuai dengan DAS Cisuwarna, maka perlu dilakukan kalibrasi model terlebih dahulu dengan menggunakan data hujan dari pos RG1 dan RG2 serta data

debit rata-rata di pos SG2. Adapun parameter DAS yang diperoleh meliputi SMI (*Soil Moisture Index*), BII (*Baseflow Intercept Index*), KE (Faktor reduksi ETI pada hari-hari hujan), ETI (*Evapotranspiration Index*), S (*Surface*) dan SS (*Sub surface*). Data parameter tersebut diambil dari data penelitian hidrologi pada DAS yang sama di bagian hilir dari Rawa Danau (Puslitbang Pengairan dan PT. Indah Karya, 1998). Besaran parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 sampai Tabel 7.

Berdasarkan nilai parameter tersebut, telah dilakukan simulasi melalui model SSARR dengan data curah hujan dari pos RG3, Ciomas sebagai data masukan. Dengan nilai parameter DAS yang dipergunakan dalam simulasi, ternyata terdapat perbedaan hasil antara data debit pengamatan (*observed*) dengan data debit hasil perhitungan (*computed*). Debit hasil perhitungan lebih besar dibandingkan dengan debit hasil pengamatan, terutama pada musim hujan. Yang lazim terjadi adalah debit hasil perhitungan hampir sama dengan debit hasil pengamatan. Hal ini perlu dikaji lebih jauh, fenomena apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi. Agar lebih jelas perbedaannya, debit hasil perhitungan dan debit hasil pengamatan diplot pada grafik yang sama, seperti terlihat pada Gambar 5.

Tabel 3 Hubungan antara SMI dan ROP

SMI (cm)	ROP (%)
0	5
4	8
7	12
9	16
14	30
16	40
19	64
21	80
23	92
26	98
28	100

ROP, Persentase Runoff

Tabel 4 Hubungan antara BII dan BFP

BII (cm)	BFP (%)
0	50
0,2	40
0,4	32
0,6	28
0,8	22
1	19
1,5	14
2	11
3	8
10	6

BFP, Prosentase base flow

Tabel 5 Hubungan antara Curah Hujan dan KE

Rate C. Hujan (cm/hari)	KE (%)
0	100
1	77
2	63
3	54
4	46
6	35
8	27
10	22
12	19

KE, faktor reduksi ETI pada hari- hari hujan

Tabel 6 Hubungan antara Bulan dan ETI

Bulan	ETI (Cm/hari)
1	0,54
2	0,57
3	0,59
4	0,58
5	0,52
6	0,43
7	0,38
8	0,33
9	0,33
10	0,43
11	0,50
12	0,53

ETI, indek evapotranspirasi

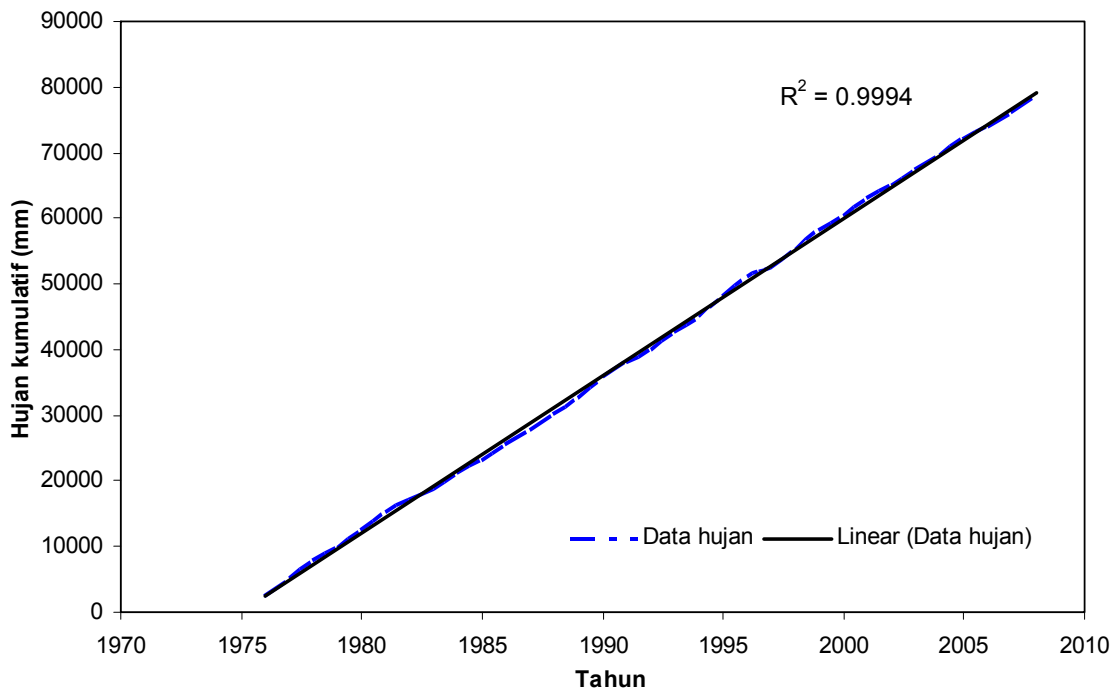
Tabel 7 Hubungan antara S-SS dan S

S-SS (mm/jam)	S (mm/jam)
0	0
0,01	0,001
0,05	0,01
0,10	0,03
0,15	0,06
0,20	0,10
50,2	50,1

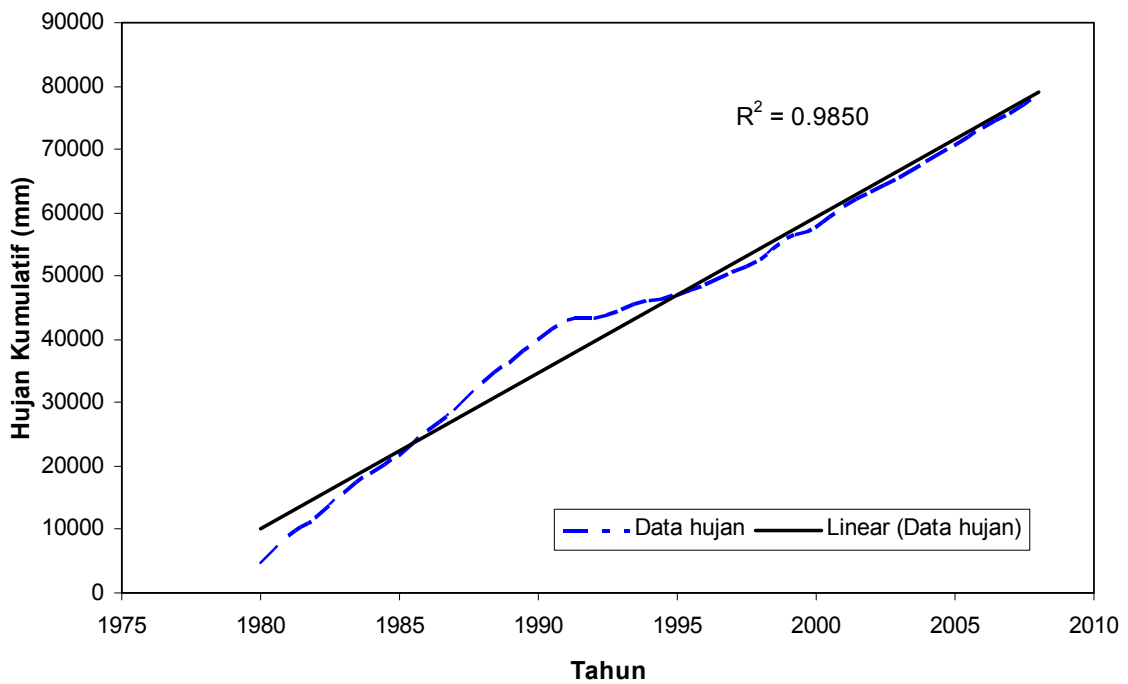
S, surface; SS, sub surface

Tabel 8 Curah Hujan Tahunan di Sekitar DAS Cisuwarna

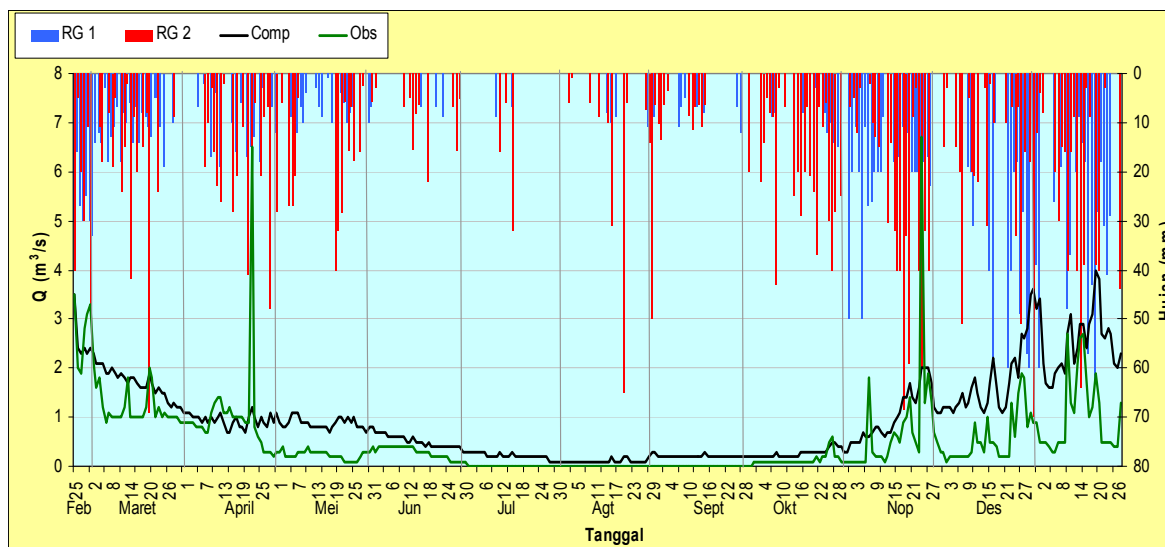
No.	Tahun	Hujan (mm)		Tahun	Hujan (mm)	
		Ciomas (+350 m)	Padarincang (+120 m)		Ciomas (+350m)	Padarincang (+120 m)
1	1976	2386	-	1993	2810	1271
2	1977	2901	-	1994	2166	1417
3	1978	2639	-	1995	3213	967
4	1979	1780	-	1996	2999	1703
5	1980	2704	4557	1997	1183	1965
6	1981	2951	4505	1998	2952	1965
7	1982	1656	2856	1999	2802	3335
8	1983	1757	3906	2000	2182	1619
9	1984	2333	3068	2001	2880	3545
10	1985	1979	2663	2002	1931	2195
11	1986	2420	3936	2003	2237	2191
12	1987	2331	3220	2004	2256	2479
13	1988	2419	4417	2005	2338	2681
14	1989	2419	3178	2006	2108	2624
15	1990	3115	3723	2007	2200	2407
16	1991	2180	2922	2008	2397	3002
17	1992	2027	373			



Gambar 3 Kurva Massa Ganda Data Hujan Ciomas



Gambar 4 Kurva Massa Ganda Data Hujan Padarincang



Gambar 5 Perbedaan Debit Hasil Perhitungan dengan Debit Hasil Pengamatan

Hasil analisis debit berdasarkan pengukuran diketahui, bahwa debit Sungai Cisuwarna selama setahun, yaitu sebesar 14,9 juta m^3 , sedangkan debit hasil perhitungan sebesar 27,3 juta m^3 .

Perbedaan debit hasil observasi dengan hasil perhitungan adalah sebesar 12,4 juta m^3 per tahun atau sebesar 45% terhadap debit hasil perhitungan. Besarnya perbedaan ini sangat signifikan dan perlu dikaji lebih lanjut, mengapa hal ini bisa terjadi?

Setelah diketahui besaran parameter modelnya, selanjutnya dilakukan pembangkitan data hujan menjadi data debit. Tabel 8 adalah data curah hujan yang ada di sekitar DAS Cisuwarna, yaitu pos Ciomas dari tahun 1976 – 2008 (33 tahun), sedangkan pos Padarincang dari tahun 1980 – 2008 (29 tahun). Dari lamanya pencatatan, kelihatannya data hujan Ciomas lebih panjang, yaitu 33 tahun, tetapi masalah kualitas datanya perlu diuji dengan analisis kurva massa ganda, seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4. Hasil uji menunjukkan, bahwa data hujan Ciomas lebih konsisten, dengan koefisien korelasi 0,9994, sedangkan data hujan Padarincang tidak konsisten, dengan koefisien korelasi 0,9849. Tidak konsistennya data hujan Padarincang disebabkan oleh pindahnya lokasi pos hujan tersebut ke lokasi yang jaraknya sekitar 5 Km dari lokasi semula, meskipun masih dalam wilayah Kecamatan Padarincang. Perpindahan lokasi tersebut menyebabkan jumlah hujan yang terukur berbeda, karena dipengaruhi oleh beberapa faktor lokal seperti kecepatan angin, letak bangunan dan vegetasi di sekitar lokasi pos hujan. Selain itu, data yang tidak lengkap (banyak yang kosong) menyebabkan konsistensi datanya juga buruk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indikasi hilangnya sebagian volume aliran Sungai Cisuwarna dapat diketahui dari beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Hasil simulasi dari model SSARR menunjukkan, bahwa debit hasil perhitungan (*computed*) lebih besar dari pada debit hasil pengukuran (*observasi*).
- 2) Hasil analisis curah hujan menjadi aliran jauh lebih besar dari pada debit hasil pengamatan.
- 3) Korelasi data hujan di dalam DAS Cisuwarna dengan data debit pengamatan di bagian hilir sangat buruk.
- 4) Survei alur Sungai Cisuwarna menemukan adanya air terjun. Dari disiplin ilmu Geologi, keberadaan air terjun membuktikan, bahwa di lokasi air terjun tersebut adalah bekas daerah patahan atau sesar.

Hasil analisis membuktikan, bahwa volume aliran Sungai Cisuwarna yang terukur hanya sebesar 14,9 juta m^3 /tahun. Volume aliran tersebut lebih kecil sekitar 45% dari volume aliran hasil perhitungan, yaitu sebesar 27,3 juta m^3 /tahun. Dengan perkataan lain, telah terjadi kehilangan air (*losses*) sebelum diukur di SG2 atau sebelum masuk ke Rawa Danau. Perbedaan sebesar itu sangat jarang terjadi pada suatu sungai, kecuali sungai-sungai yang mengalir di daerah *karst* atau pada saluran-saluran irigasi. Kalibrasi menggunakan model SSARR, biasanya tidak menunjukkan hasil yang sangat beda nyata antara debit hasil pengukuran dengan debit hasil perhitungan. Walaupun ada perbedaan hanya terlihat pada hari atau bulan tertentu. Dengan cara mengubah-ubah nilai parameter model, biasanya diperoleh

langsung hasil debit perhitungan yang besarnya hampir sama dengan debit hasil pengukuran. Kenyataan yang terjadi, bahwa volume aliran Sungai Cisuwarna setiap tahun hilang sebesar 12,4 juta m³. Hal tersebut merupakan penyebab air Rawa Danau hampir setiap tahun mengalami defisit. Jika dari segi masukan data dan kalibrasi parameter model dianggap sudah benar, sesuai dengan prosedur operasional model SSARR, maka perlu dikaji lebih jauh penyebab hilangnya air tersebut. Hipotesa pertama terbukti yang menyatakan, bahwa volume aliran tahunan yang sebenarnya dari Sungai Cisuwarna terlalu kecil bila dibandingkan dengan curah hujan tahunannya. Kecilnya volume aliran tersebut disebabkan oleh berbagai faktor seperti evaporasi, infiltrasi, bocoran, dan lain-lain.

Curah hujan di RG2 dari Maret 2008 sampai Februari 2009 sebesar 4.186 mm, sedangkan di RG1 pada periode yang sama sebesar 2.932 mm. Secara aritmatik, curah hujan rata-rata tahunannya sebesar 3.559 mm. Berdasarkan data hujan rata-rata tersebut, dapat dihitung dengan sederhana besarnya volume aliran rata-rata di SG2, yaitu 72,2 juta m³, sedangkan debit yang diukur hanya 14,9 juta m³. Banyaknya faktor yang mempengaruhi curah hujan menjadi aliran ditunjukkan oleh besaran koefisien *runoff* rata-rata tahunan DAS Cisuwarna=0,21. Menurut Charlier (2008), besaran koefisien *runoff* di daerah vulkanik berkisar antara 6,2–24,4% tergantung pada kondisi kering atau basa yang terjadi sebelumnya. DAS Cisuwarna memang termasuk daerah vulkanik, sehingga besaran koefisien *runoff* tersebut mungkin saja benar. Dengan demikian, koefisien *runoff* 0,21 mengindikasikan, bahwa kondisi hutan di DAS Cisuwarna masih dalam kondisi lebat atau kondisi tanah di DAS Cisuwarna sangat "*porous*". Curah hujan yang jatuh di dalam DAS hanya 21% yang menjadi aliran. Fakta di lapangan membuktikan, bahwa kondisi DAS Cisuwarna hanya sedikit berhutan, kebun, semak belukar dan padang rumput. Berdasarkan kondisi tersebut, sebenarnya koefisien *runoff* DAS Cisuwarna lebih besar dari 0,21. Adanya anomali tersebut dapat diartikan, bahwa kondisi DAS Cisuwarna "*porous*". Curah hujan tahunan sebesar 72,2 juta m³ yang jatuh di dalam DAS membuktikan, bahwa yang menjadi aliran hanya 14,9 juta m³. Seharusnya curah hujan tahunan yang menjadi aliran lebih besar dari 14,9 juta m³. Dengan adanya anomali tersebut, telah membuktikan, bahwa DAS Cisuwarna tidak hanya porous alami, tetapi mengindikasikan terdapat sejumlah aliran yang masuk ke dalam tanah secara berlebihan.

Di DAS Cisuwarna terdapat dua buah pos hujan yang baru dipasang, yaitu di Kebon Cau (RG1) dan Ujung Tebu (RG2). Dua pos lainnya

terdapat di luar DAS, yaitu di Ciomas (RG3) dan di Padarincang (RG4). Pos RG1 dan RG2 dipergunakan untuk mengkalibrasi data hujan di RG3, karena data hujan tersebut adalah data hujan harian yang pencatatannya selama 33 tahun dan kualitas datanya cukup baik. Dari hasil analisis korelasi antara data curah hujan RG1–RG4 dengan data debit di SG2 diketahui, bahwa korelasi antara data debit di SG2 dengan data hujan di RG1 adalah 0,70; korelasi dengan data hujan di RG2 adalah 0,65; korelasi dengan data hujan di RG3 adalah 0,80; sedangkan korelasi dengan data hujan di RG4 adalah 0,73. Korelasi yang paling buruk adalah dengan RG2, padahal curah hujan di RG2 yang terletak di hulu jauh lebih dominan dibandingkan dengan di RG1 yang terletak di hilir. Korelasi antara RG1 dengan SG2 hanya sebesar 0,70. Dengan melihat dominannya curah hujan di RG2, maka korelasi antara RG2 dengan SG2 seharusnya tidak 0,65, tetapi lebih besar dari 0,70. Asumsi tersebut didasarkan pada luas DAS Cisuwarna yang tidak begitu luas, yaitu hanya 20,4 Km² di mana dengan dua pos hujan tersebut sudah dapat dianggap menggambarkan kondisi curah hujan yang sebenarnya, baik di hulu maupun di hilir. Buruknya korelasi antara data hujan di RG2 dengan data debit di SG2 sebenarnya sudah memberikan petunjuk, bahwa tidak semua hujan yang jatuh di hulu menjadi aliran permukaan. Hanya 65% diperkirakan yang menjadi aliran permukaan dan sisanya terinfiltrasi atau hilang di bawah permukaan. Hasil korelasi antara data hujan dengan data debit dari masing-masing pos dapat dilihat pada Tabel 9.

Rendahnya tingkat korelasi antara SG2 dengan RG2 menunjukkan sesuatu fenomena yang aneh. Dalam keadaan normal, korelasi antara data hujan di dalam DAS terhadap debit Sungai Cisuwarna antara 0,7–0,8. Guna mengetahui fenomena alam yang terjadi di lapangan, pada tanggal 26–27 Nopember 2008 dilakukan survei ulang di sepanjang sungai dari pos RG2 sampai pos debit SG2. Hasil survei membuktikan, adanya fenomena air terjun Curug Goong yang terletak pada koordinat 6°12'57,9"LS dan 105°59'50,3"BT. Lokasi Curug Goong ternyata tidak jauh dengan lokasi pos hujan RG1 seperti terlihat pada Gambar 1. Dari pos hujan RG1, jaraknya sekitar 350 m ke arah barat menuju lembah. Selain itu, dijumpai juga lokasi pengambilan air (*intake*) yang sangat sederhana oleh masyarakat setempat untuk kebutuhan air irigasi dan domestik. Konstruksinya terbuat dari batu kali yang ditumpuk, dan setiap terjadi banjir batu-batu kali tersebut hanyut. Lokasinya terletak di sebelah hulu dari air terjun Curug Goong. Besaran air yang diambil oleh masyarakat relatif kecil, yaitu antara 18–300 liter/s,

tergantung pada musim hujan atau musim kemarau.

Di bagian bawah dari air terjun tersebut terlihat sebagian aliran mengalir ke suatu celah atau gua dan sebagian lagi mengalir ke bawah mengikuti alur sungai. Untuk membuktikan hal

tersebut, pada tanggal 27 Nopember 2008, 11 Desember 2008, 27 Januari 2009, dan 30 April 2009, telah dilakukan pengukuran debit di sebelah hulu dan hilir dari Curug Goong secara simultan. Pengukuran debit dilakukan dengan metode sebagaimana diatur dalam manual yang

Tabel 9 Korelasi Data Hujan dengan Debit dari Setiap Pos

Pos	RG1	RG2	RG3	RG4	SG2	Keterangan
RG1	1					Kebon cau
RG2	0,83704	1				Ujung tebu
RG3	0,87586	0,83361	1			Ciomas
RG4	0,72185	0,91512	0,76570	1		Padarincang
SG2	0,69838	0,64755	0,79688	0,72651	1	Cisuwarna

Tabel 10 Data Pengukuran Debit Rata-rata secara Simultan di Hulu dan Hilir Curug Goong

Tanggal	Debit Hulu (m ³ /s)	Intake (m ³ /s)	Debit Hilir (m ³ /s)	Kehilangan (m ³ /s)	Keterangan
27 Nop 2008	2,076	0,332	1,329	- 0,415	Hujan
11 Des 2008	0,124	0,065	0,147	0,088	
27 Jan 2009	1,550	0,074	1,466	-0,010	
30 Apr 2009	0,118	0,018	0,124	0,024	



Gambar 6 Air Terjun Curug Goong

diterbitkan oleh United States Department of The Interior Bureau of Reclamation, 2001. Hasilnya membuktikan, bahwa kehilangan air mulai terjadi ketika debit di hulu Curug Goong lebih besar dari 1,50 m³/s. Jadi, semakin besar debit di hulu, maka semakin besar kehilangan air yang diperkirakan masuk kedalam sesar. Jarak antara lokasi pengukuran di hulu dan hilir sekitar 500 m. Hasil pengukuran debit dapat dilihat pada Tabel 10.

Secara geologi, adanya fenomena air terjun dapat menjadi indikasi suatu kejadian patahan atau sesar (*faults*) atau subsiden biasa yang berkaitan dengan sesar atau pembebanan. Dampak adanya sesar atau subsiden di sungai adalah kemungkinan hilangnya sejumlah air yang diperkirakan masuk ke dalam celah sesar. Bense et.al., (2003) mengulas antara lain, bahwa adanya sesar terlihat jelas di permukaan, yaitu dengan adanya perubahan tinggi jatuh pada aliran. Adanya perubahan tinggi jatuh (*head*) yang sangat bermakna dapat diartikan sebagai adanya air terjun. Dalam kasus ini terjadi juga pada Sungai Cisuwarna di mana terlihat jelas perbedaan tinggi jatuh dengan ketinggian sekitar 30 m, seperti terlihat pada Gambar 6. Terdapat dua kemungkinan penyebab terjadinya fenomena air terjun dalam suatu DAS. Kemungkinan pertama, DAS Cisuwarna dipotong oleh zona sesar normal yang tepat memotong tegak lurus arah aliran Sungai Cisuwarna, sehingga aliran Sungai Cisuwarna yang semula bersifat normal, berubah menjadi terjun yang disebabkan adanya perbedaan tinggi jatuh. Dari peta geologi pada Gambar 2 menunjukkan adanya tiga buah sesar sejajar di sebelah barat Rawa Danau yang terbentuk pada umur Kuartar atau Plistosen tengah. Dalam proses lanjutannya, ketiga sesar seolah tidak berlanjut ke timur, tetapi apabila diteruskan ke arah timur, maka sesar tersebut melalui DAS Cisuwarna bagian hilir. Diduga sesar-sesar tersebut hilang tertutup oleh endapan Rawa Danau yang terdiri dari kerikil, pasir, lempung dan lumpur yang kesemuanya merupakan produk gunung api (Santosa, 1991). Kemungkinan kedua, DAS Cisuwarna tepat berada di zona Gunung api Danau Tua yang telah mengalami beberapa kali letusan dan depresi, sehingga menjadikan Rawa Danau sekarang ini. Zona depresi ini tampak jelas dengan adanya kenampakan air terjun Curug Goong dan gawir di sekitar Rawa Danau. Di bagian bawah dari air terjun terdapat celah-celah atau retakan yang telah membesar, ada yang berbentuk gua. Pada musim hujan, diperkirakan sebagian debit aliran masuk kedalam celah-celah tersebut. Dari hasil survei lapangan, telah membuktikan hipotesa kedua, yaitu adanya perbedaan debit terjadi karena aliran Sungai Cisuwarna sebagian masuk ke dalam sesar. Meskipun demikian, hasil penelitian ini dapat

dianggap sebagai indikasi awal saja, karena data debit dan hujan yang dipergunakan relatif pendek.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari berbagai analisis dan survei lapangan dapat disimpulkan bahwa, volume aliran Sungai Cisuwarna telah hilang sebesar 12,4 juta m³/tahun sebelum masuk ke Rawa Danau atau hilang sekitar 45% dari volume aliran hasil perhitungan. Hal ini menyebabkan Rawa Danau setiap tahun mengalami defisit air. Kehilangan aliran Sungai Cisuwarna mulai terjadi ketika debit di hulu Curug Goong lebih besar dari 1,50 m³/s. Hilangnya volume aliran, terutama terjadi pada musim hujan yang masuk ke dalam celah sesar, di bawah sekitar air terjun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackman, Terry E.; Jones, J. Richard. 1991. Methods to Identify and Reduce Potential Surface Stream Water Losses into Abandoned Underground Mines. *Environmental Geology and Water Sciences*. Volume 17, Issue 3, pp.227-232.
- Charlier JB. 2008. Hydrological Behavior and Modelling of a Volcanic Tropical Cultivated Catchment. *Hydrological Processes*. ISSN 0885-6087, vol 22, No. 22.
- D. Meier, J. Meier. 2007. The Impact of Karst Stream Flow Losses on Flood Plain Mapping, Camden and Laclede Counties, Missouri, USA. *European Geosciences Union*. Vol 9, 04652.
- PT. Tirta Investama. 2009. *Study to Delineate The Recharge Area of Spring and to Quantify The Recharge Rate on The Ciomas Area, Serang, Banten Province, for one year duration time (unpublished)*.
- Puslitbang Pengairan, PT. Indah Karya. 1998. *Laporan Teknik: Pengkajian Data Hidrologi (Data Generation Untuk Studi Desain Bendung Pintu Air Cidanau)*.
- Rusmana E, Suwito Dirdjo K, Suharsono. 1991. *Peta Geologi Lembar Serang, Jawa Barat*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Santosa, S. 1991. *Peta Geologi Lembar Anyer, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.

U.S. Department of The Interior Bureau of Reclamation. 2001. *Water Measurement Manual*. Revised Reprint, Denver, Colorado.

V.F. Bense, R.T. van Balen, J.J. De Vries. 2003. The Impact of Faults on the Hydrogeological conditions in the Roer Valley Rift System: An Overview. *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*. 82 (1).