

PENGARUH JUMLAH STASIUN HUJAN TERHADAP KINERJA METODE STORAGE FUNCTION DALAM PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN

Bambang Kuncoro Hari¹⁾, Rachmad Jayadi²⁾

¹⁾Mahasiswa S2 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²⁾Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta

ABSTRACT

Storage Function Method is a method applied in discharge calculation with consideration on catchments characteristics. This method is commonly used in Indonesia by the Japanese experts. The discharge calculation provided by the method is highly influenced by the catchments rainfall, thus the difference of rainfall station number will effect the accuracy of the calculation result. The objective of this study is to investigate the effect of difference in the number of rainfall stations on the value of model parameters as well as the accuracy of discharge calculation using the storage function method on Kali Madiun Basin.

Basically, the concept used in the storage function method is a water balance, which is analyzed using the mathematical model. The data used in this research are the 10 days hourly rainfall during the flood, and the catchment characteristics constant as the model parameters. Using the trial procedure, the catchments characteristics constant as the input for each of the numbers of rainfall station (2;3;4;5;6; and 7 stations) will provide the 10 days hourly discharge, then the result will be calibrated to the observed data. Based on the calibration result, the smallest deviation of each rainfall station will be selected in order to identify the model parameter and to provide deviation of the observed data.

The investigated deviation is the different value between the calculated and the observed runoff, includes volume deviation as well as the 10 days hourly discharge deviation, which are located at the control node of AWLR Sekayu and AWLR A. Yani. Based on the calibration results, it is shown that the largest volume deviation at AWLR Sekayu is 31.64% that occurs on 2 rainfall stations, while the smallest occurs on 6 rainfall stations with deviation of 17.43%. It is also shown that the largest discharge is 37.29% and occurs on 2 rainfall stations, while the largest and the smallest discharge deviations respectively are 36.7% that occurs on 2 rainfall stations and 26.39% that occurs on 7 rainfall stations. Based on the results, it is shown that although the largest number of rainfall station is not the most accurate, but in general, as shown in the graphical results, it is indicated that more numbers of rainfall stations tend to provide better accuracy.

Keywords: rainfall station number, storage function.

PENGANTAR

Latar Belakang

Beberapa model hidrologi berbasis pada upaya mengkuantifikasikan proses alam pengalihan ragam hujan menjadi aliran telah banyak digunakan dalam analisis banjir rancangan. Dalam perumusan model terdapat dua pendekatan umum terkait dengan sifat hubungan antara hujan DAS sebagai input utama dan debit aliran sungai sebagai output yang dalam hal ini dipahami merupakan tanggapan menyeluruh atas semua

proses unsur-unsur sistem hidrologi pada DAS. Pendekatan pertama mengacu pada asumsi hubungan linier seperti halnya metode Rasional dan hidrograf satuan. Pendekatan kedua menekankan pada pemodelan secara konseptual atas beberapa proses sebagai tahapan pengalihan ragam hujan menjadi aliran yang menunjuk hubungan non-linier antara besaran hujan dan debit aliran sungai. Cara ini dianggap lebih mendekati kejadian yang sesungguhnya, akan tetapi umumnya pemodelan menjadi lebih kompleks dan rumit.

Tank model dan *storage function* termasuk model hidrologi dalam kelompok pendekatan non-linier.

Metode *storage function* sering digunakan oleh para tenaga ahli dari Jepang dan banyak diterapkan di Indonesia untuk keperluan studi perancangan di bidang sumberdaya air, khususnya yang memerlukan informasi tentang karakteristik hidrograf banjir. Dalam metode *storage function* masukan paling penting adalah besarnya hujan. Mengingat keragaman hujan merupakan fungsi dari ruang dan waktu, menyebabkan dalam perhitungan hujan rata-ratanya harus memperhatikan tempat dan waktu terjadinya hujan. Untuk keperluan identifikasi lokasi hujan dan waktunya sangat tergantung pada ketersediaan data hasil pencatatan di stasiun hujan pada DAS yang dikaji.

Metode *storage function* ini memiliki kekurangan, yaitu, pertama sulit untuk mendapatkan nilai parameter karakteristik DAS dengan tepat, karena harus ditetapkan dengan coba-coba menggunakan variasi kombinasi nilai yang cukup banyak. Kedua hanya dapat digunakan jika tersedia cukup data hujan dan debit jam-jaman untuk keperluan kalibrasi. Ketiga memiliki ketergantungan data dan jumlah stasiun hujan untuk mendapatkan nilai parameter karakteristik DAS yang baik. Adanya pengaruh tidak langsung jumlah stasiun hujan terhadap parameter DAS tersebut kiranya akan berpengaruh pada ketelitian hasil hitungan banjir rancangan yang dihasilkan.

Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Analisis hidrologi didasarkan pada dua konsep dasar, yaitu siklus hidrologi dan neraca air. Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan jumlah air yang masuk ke, jumlah perubahan, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu (Sri Harto, 2000). Kedua konsep tersebut sebenarnya tidak dapat dipisahkan, karena pada hakekatnya, masukan ke dalam salah satu sub sistem yang ada, adalah keluaran dari sub sistem yang lain dalam siklus tersebut.

Selama ini variabel ruang dan waktu antara masukan berupa hujan hingga keluaran berupa aliran di sungai dikuantifikasikan dengan suatu pengukuran, namun pengukuran yang ada tidak dapat menunjukkan besaran secara pasti perubahan massa dan energi antara masukan dan keluaran

yang terjadi di dalam DAS dan lingkungannya (George Fleming, 1975).

Sri Harto (1993) menjelaskan bahwa dalam mempersiapkan data untuk analisis hidrologi untuk berbagai kepentingan pengembangan sumberdaya air, seorang hidrolog dihadapkan pada dua masalah pokok, yaitu; pertama, tentang ketetapan jumlah stasiun hujan dan stasiun hidrologi; kedua, tentang berapa besar ketelitian yang dapat dicapai oleh suatu jaringan pengamatan dengan kerapatan tertentu.

Metode *storage function* adalah metode yang paling banyak digunakan di Jepang Dikembangkan pertama kali oleh Toshimitsu Kimura tahun 1961 (Joko Sujono, dkk., 2002). Proses hidrologi pengalirragaman hujan-aliran yang dimodelkan menurut metode ini adalah adanya kejadian penampungan (*storage function*), waktu tunda (*delay time*) dengan memperhitungkan beberapa karakteristik DAS, yaitu luas DAS, panjang sungai, kemiringan lahan rata-rata, kondisi topografi dan geologi untuk menghasilkan fenomena aliran (*runoff phenomenon*) yang disebabkan oleh hujan (JICA, 1993).

Metode *storage function* menggunakan beberapa anggapan sebagai berikut ini (Anonim, 1982).

1. Aliran air di sungai yang di akibatkan oleh hujan terdiri dari aliran dasar (*base flow*) dan aliran limpasan sebagai banjir (*flood*), serta diasumsikan bahwa *base flow* merupakan suatu nilai yang konstan dimana besarnya sama dengan debit awal saat sebelum terjadinya banjir.
2. Banjir merupakan aliran permukaan dimana kecepatan aliran reratanya dapat diestimasi menggunakan persamaan Manning.
3. Ada tiga tahap tentang asumsi terjadinya limpasan permukaan. Pertama adalah tahap dimana semua air hujan yang jatuh, kemudian meresap ke dalam tanah (*infiltration*). Kemudian tahap dimana sebagian air akan meresap dan sebagian lain menjadi aliran permukaan (*surface runoff*). Tahap terakhir adalah saat kondisi tanah sudah jenuh air sehingga semua air hujan akan menjadi limpasan permukaan.
4. Gambar 1 menyajikan skema tahapan terjadinya limpasan aliran permukaan di daerah tertentu, pada awal hujan adalah nol (tidak ada aliran). Kemudian bila hujan terus berlangsung, walau hanya hujan rintik-rintik, maka di

sebagian DAS akan mulai terjadi adanya daerah aliran primer (*primary runoff area*). Daerah ini terdiri dari dua zona yaitu zona aliran (*runoff zone*) dan sisanya disebut zona infiltrasi (*infiltration zone*). Bila kondisi ini terus meluas, maka *primary runoff area* ini akan memenuhi seluruh luasan DAS. Saat terjadinya luasan maksimal untuk *primary runoff area* di DAS ini, dianggap sebagai suatu titik perubahan tanggapan. Kondisi yang terjadi pada titik perubahan tanggapan sampai ke kondisi sebelumnya, disebut *runoff point*. Sedangkan dari titik perubahan tanggapan sampai dengan kondisi sesudahnya disebut *saturation point*, dan hujan yang berlangsung hingga terjadinya titik jenuh disebut hujan saturasi (R_{sa}).

digunakan DAS Kali Madiun di Provinsi Jawa Timur untuk studi kasus analisis banjir rancangan. Adapun data sekunder yang diperlukan adalah peta topografi DAS Kali Madiun, peta lokasi stasiun hujan dan AWLR, data hujan jam-jaman dari tahun 1975 sampai 1999 dari 7 stasiun hujan otomatis, serta data debit jam-jaman untuk periode pencatatan yang sama.

Setelah melakukan pengumpulan data sekunder maka sebelum diolah dan dijadikan bahan masukan (*input*) program *storage function* terlebih dahulu dilakukan pemilihan data yang bisa digunakan. Untuk data peta, semua bisa digunakan, sedangkan untuk data curah hujan dan data debit dilakukan pemilihan, sehingga memenuhi syarat untuk digunakan sebagai input model hujan-aliran metode *storage function*.

METODOLOGI PENELITIAN

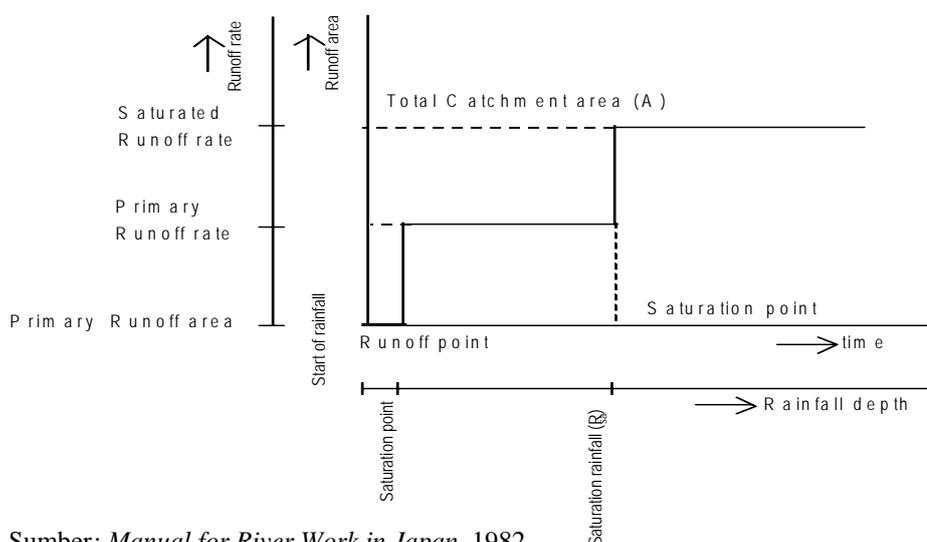
Tahapan kegiatan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 yang meliputi pengumpulan dan pengolahan data, kalibrasi model dan evaluasi kinerja kalibrasi model berdasarkan variasi jumlah stasiun hujan.

Pengolahan Data Masukan

Data yang terpilih, sebelum digunakan sebagai masukan (*input*) dalam program *storage function*, terlebih dahulu dilakukan pengolahan. Hasil olahan data tersebut adalah identifikasi nama, batas dan luasan DAS, pembuatan poligon Thiessen dan luasan masing-masing subDAS yang dikombinasi dengan batasan poligon Thiessen. Selain itu juga ditetapkan kemiringan dasar sungai dan kemiringan rata-rata lahan (DAS), panjang sungai berdasarkan skematik aliran sungai yang diteliti.

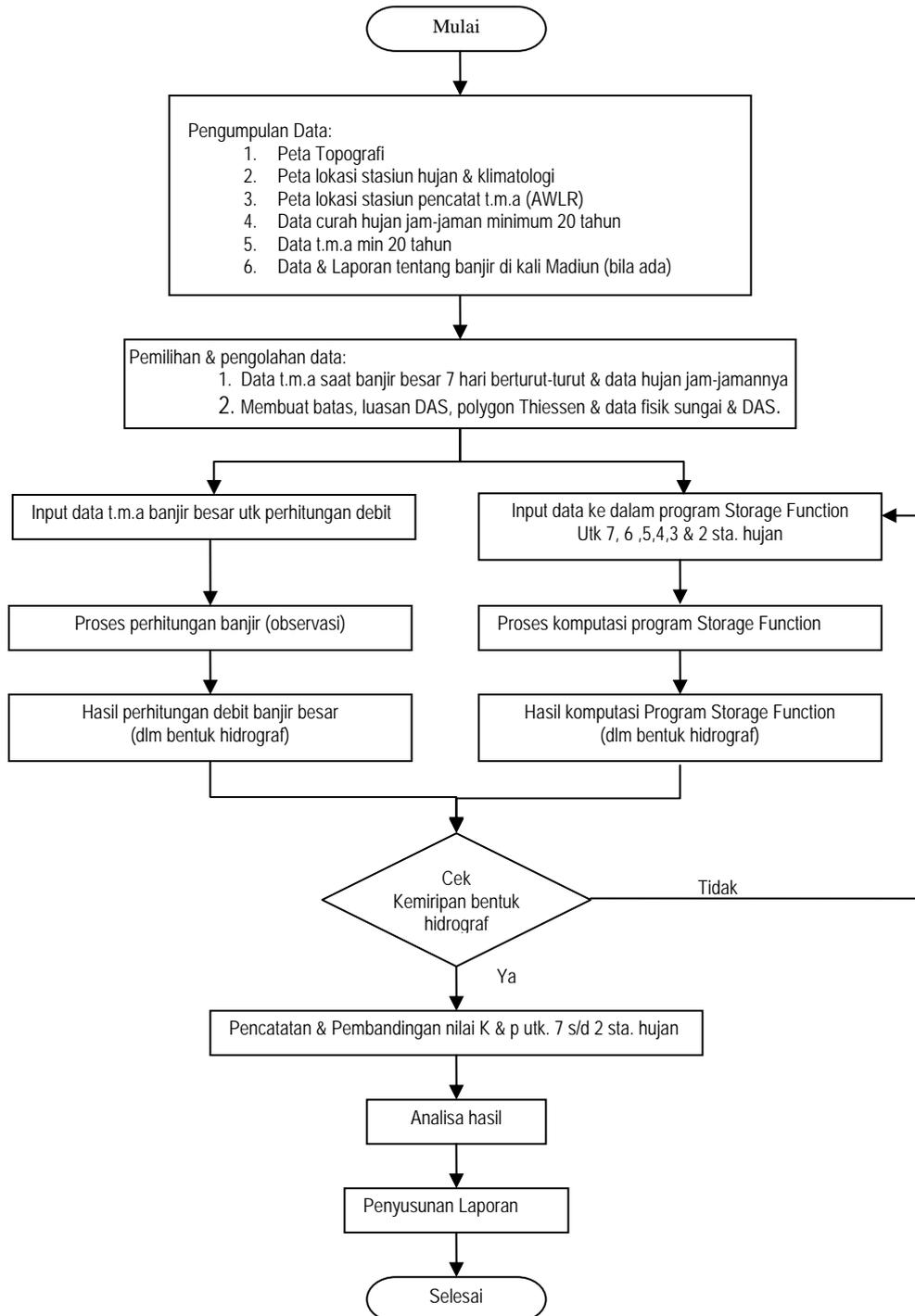
Pengumpulan Data Sekunder

Sebelum menggunakan program *storage function* perlu dipersiapkan bahan atau data yang akan dipakai sebagai masukan (*input*) program ini, yang berupa data sekunder. Pada penelitian ini



Sumber: *Manual for River Work in Japan*, 1982

Gambar 1. Perubahan tahapan kondisi aliran akibat hujan.



Gambar 2. Bagan alir tahapan penelitian.

Perhitungan *Storage Function* dan Kalibrasi

Proses perhitungan dengan program *storage function* ini dimulai dengan memasukkan data yang diperoleh dari data sekunder dan dari data olahan, Selain itu yang juga perlu dimasukkan yaitu variabel karakteristik DAS (k dan p) dan variabel hujan saturasi (R_{sa}).

Program *storage function* ini dalam prosesnya tidak memiliki fasilitas kalibrasi, sehingga untuk melakukan kalibrasi, dilakukan oleh penulis dengan program worksheet (*excel*) secara terpisah. Kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai parameter yang dilakukan dengan coba-coba. Adapun parameter dalam masukan program *storage function* ini seperti diuraikan di bawah ini.

1. Luas DAS/sub DAS
2. Kemiringan rata-rata lahan
3. Panjang sungai
4. Kemiringan rata-rata dasar sungai
5. Data hujan jam-jaman
6. Bobot poligon Thiessen
7. *Lag time*
8. Hujan saturasi
9. Koefisien aliran primer
10. Koefisien aliran masuk
11. *Base flow*
12. Karakteristik DAS
13. Karakteristik alur sungai.

Parameter ke 1 sampai dengan ke 6 dapat diperoleh dari data sekunder atau olahan data sekunder, sedangkan yang lain diperoleh dengan coba-coba (*trial*) dengan memperhatikan batasan yang ada, sehingga menghasilkan nilai debit jam-jaman yang akan dikalibrasi dengan data debit jam-jaman dari hasil liku kalibrasi tinggi muka air observasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Parameter Hujan

Keragaman besaran hujan yang merupakan fungsi dari ruang dan waktu merupakan komponen masukan yang paling penting dalam perhitungan debit dengan metode *storage function* ini. Identifikasi keragaman hujan tersebut dalam tesis ini ditunjukkan dengan fungsi ruang yang berupa

data yang tercatat pada lokasi di sejumlah stasiun hujan (7; 6; 5; 4; 3; 2 stasiun.), sedangkan fungsi waktunya ditunjukkan dengan data jam-jaman yang ada. Parameter hujan yang diidentifikasi untuk setiap subDAS adalah seperti diuraikan berikut ini.

1. Jumlah stasiun hujan yang digunakan: 7, 6, 5, 4, 3, dan 2 stasiun.
2. Waktu catatan hujan: 10 hari atau 11 hari.
3. Jumlah data hujan jam-jaman tiap stasiun: 240 atau 264 data.
4. Interval waktu penelitian: 1 jam.
5. Hujan satuan DAS yang mewakili daerah subDAS di hulu AWLR Sekayu pada tanggal 22 Maret – 1 April 1994 dan yang mewakili daerah subDAS di hulu AWLR A.Yani pada tanggal 31 Januari – 10 Februari 1984.

Hasil Kalibrasi

Perhitungan dengan program *storage function* ini kalibrasinya hanya dilakukan untuk banjir Maret 1994 dengan stasiun kontrol di Sekayu dan banjir Februari 1984 dengan stasiun kontrol di sta. A Yani. Hasil kalibrasinya, seperti tertulis dalam Tabel 1 sampai dengan Tabel 4 dan grafik hidrograf yang menggambarkan posisi hidrograf banjir hasil observasi dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6.

1. Kalibrasi dengan stasiun kontrol AWLR Sekayu

Tabel 1. Hasil perhitungan untuk hujan rata-rata dan data hujan saturasi

Sub DAS	Hujan rata-rata , R_{rt} (mm)						Hujan saturasi , R_{sa} (mm)
	7 sta.	6 sta.	5 sta.	4 sta.	3 sta.	2 sta.	Semua jml sta.
MB-1	182	198	198	196	196	137	200
MB-2	196	197	197	198	198	137	200
MB-3	136	168	168	168	168	137	200
MB-4	131	131	131	131	113	137	200
MB-5	113	113	113	113	113	137	200

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan penyimpangan volume serta hidrograf debit:

Parameter DAS & Nilai kesalahan	7 sta.	6 sta.	5 sta.	4 sta.	3 sta.	2 sta.
Konstanta k	25	25	25	25	25	25
Konstanta p	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Lag time (Tl) (jam)	7	7	7	7	7	7
Primary runoff (fl)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Base flow (QB) (m ³ /set)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Penyimpangan volume (%)	-23,56	-17,43	-17,43	-17,51	-18,41	-31,64
Penyimpangan hidrograf (%)	36,00	28,40	28,40	28,37	27,71	37,29

2. Kalibrasi dengan stasiun kontrol AWLR A. Yani

Tabel 3. Hasil perhitungan untuk hujan rata-rata dan data hujan saturasi

Sub DAS	Hujan rata-rata (R_r) (mm)						Hujan Saturasi (R_{sa}) (mm)
	7 sta.	6 sta.	5 sta.	4 sta.	3 sta.	2 sta.	Semua jml sta.
MB-1	237	236	236	235	235	253	200
MB-2	236	235	235	236	236	253	200
MB-3	253	211	211	211	211	253	200
MB-4	161	163	163	163	165	253	200
MB-5	180	165	165	165	165	253	200
MB-6	177	172	183	189	184	252	200
MB-7	157	150	163	174	207	252	200

Tabel 4. Hasil kalibrasi dan penyimpangan volume serta hidrograf debit:

Parameter DAS & Nilai kesalahan	7 sta.	6 sta.	5 sta.	4 sta.	3 sta.	2 sta.
Konstanta k	25	25	25	25	25	25
Konstanta p	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Lag time (Tl) (jam)	11	11	11	11	11	11
Primary runoff (fl)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Base flow (QB) (m ³ /set)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Penyimpangan volume (%)	-11,36	-11,21	-10,42	-9,42	-7,55	-14,46
Penyimpangan hidrograf (%)	26,39	27,48	27,68	28,64	27,85	36,71

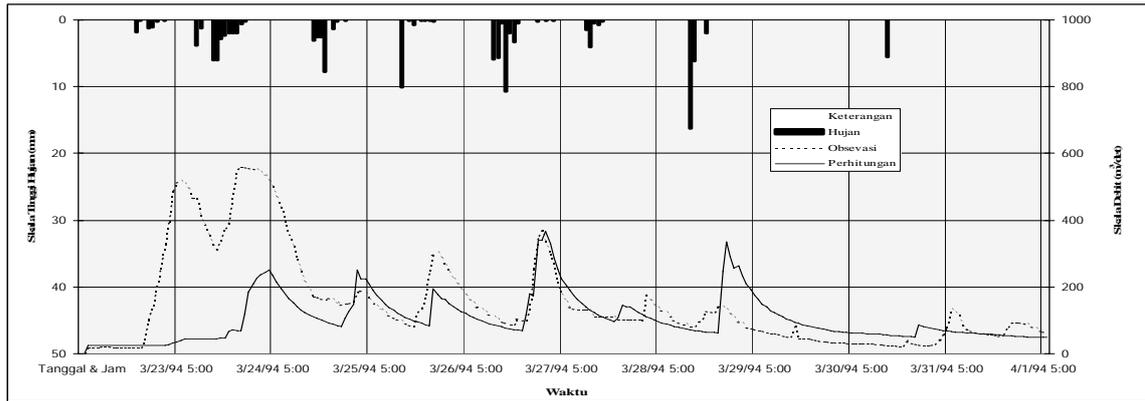
Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil kalibrasi untuk titik control AWLR Sekayu, yang memiliki penyimpangan hidrograf debit terbesar adalah pada jumlah 2 stasiun hujan, sedangkan yang memiliki penyimpangan hidrograf debit terkecil terjadi pada jumlah 3 stasiun hujan, untuk melihat gambaran antara yang terbesar dan terkecil penyimpangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini.

Dari Tabel 4. dapat diketahui pula bahwa hasil kalibrasi untuk titik kontrol AWLR A.Yani, yang memiliki penyimpangan hidrograf debit terbesar adalah pada jumlah 2 stasiun hujan, sedangkan yang memiliki penyimpangan hidrograf

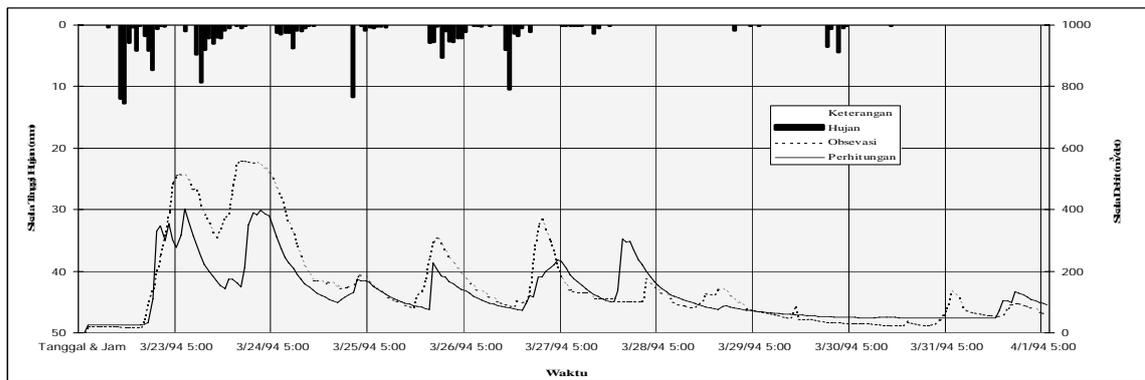
debit terkecil terjadi pada jumlah 7 stasiun hujan, untuk melihat gambaran antara yang terbesar dan terkecil penyimpangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut ini.

Pembahasan Hasil Kalibrasi

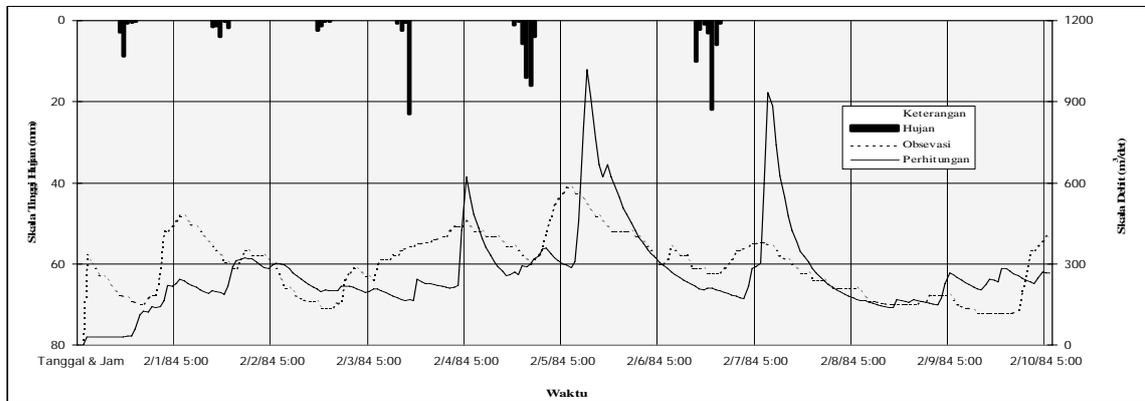
Dalam melakukan kalibrasi untuk seluruh jumlah stasiun (7, 6, 5, 4, 3 dan 2 stasiun) masing-masing dilakukan dengan coba-coba yaitu dengan merubah nilai karakteristik (k dan p) serta nilai yang mempengaruhinya seperti time lag (tl), *baseflow*, *primary runoff*.



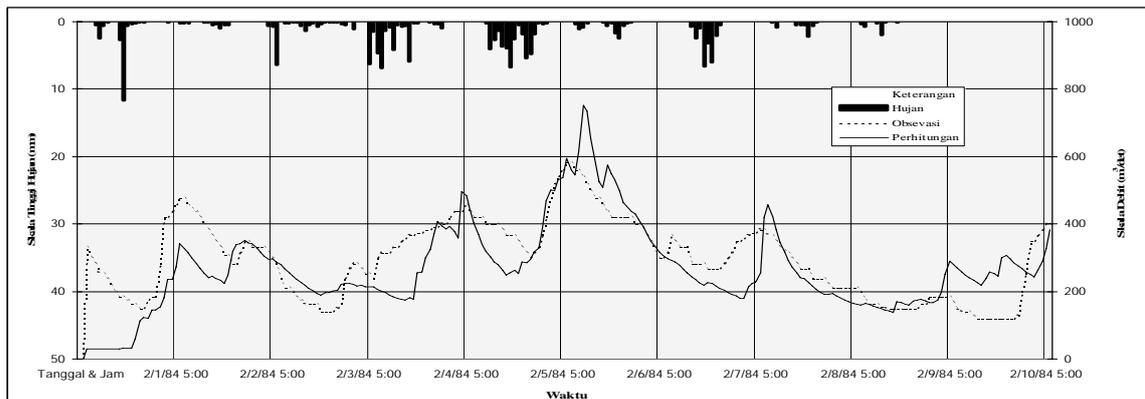
Gambar 3. Penyimpangan debit pada AWLR Sekayu untuk 2 stasiun hujan.



Gambar 4. Penyimpangan debit pada AWLR Sekayu untuk 3 stasiun hujan.



Gambar 5. Penyimpangan debit pada AWLR A.Yani untuk 2 stasiun hujan



Gambar 6. Penyimpangan debit pada AWLR A.Yani untuk 7 stasiun hujan.

Dari hasil kalibrasi ini menunjukkan bahwa dengan adanya perbedaan jumlah stasiun hujan bisa merubah besarnya debit yang dihasilkan, tetapi tidak merubah nilai karakteristik DAS.

Bentuk hidrograf banjir hasil hitungan, bila dibanding dengan hidrograf hasil observasi memiliki kemiripan pola yang berbeda dan yang perlu dilakukan kalibrasi adalah tinggi rendahnya grafik, di mana tinggi rendah grafik hasil hitungan ini terkait dengan angka debit yang dihasilkan.

Setelah dilakukan kalibrasi dengan membandingkan hasil perhitungan dengan hasil observasi pada setiap jumlah stasiun yang berbeda, kemudian hasilnya dirangkum dalam Tabel 5 untuk dipakai dalam penggambaran grafik besarnya penyimpangan.

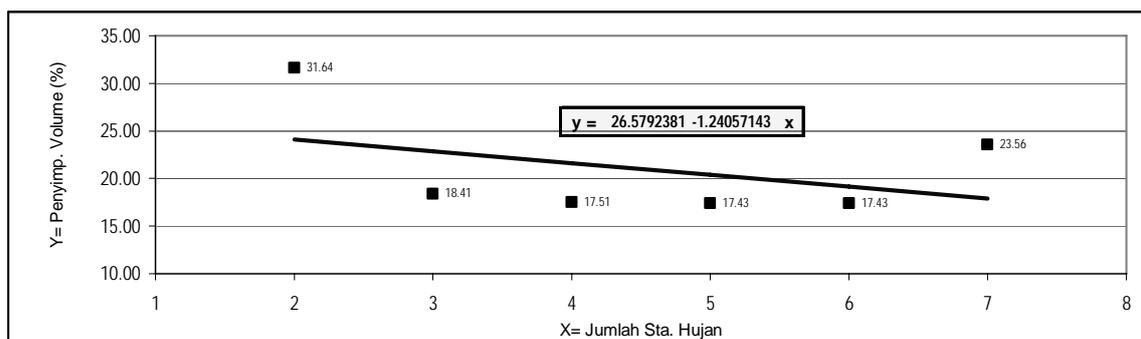
Di sini dibedakan menjadi 2 jenis penyimpangan, yaitu penyimpangan besarnya volume

yang dianalisa dengan menghitung dan membandingkan luasan di bawah grafik hidrograf banjir dari hasil perhitungan dibanding dengan observasi. Kemudian juga di analisa penyimpangan bentuk hidrograf banjir, dengan cara menghitung prosentase rata-rata untuk selisih debit observasi dengan debit hasil perhitungan terhadap besarnya debit observasi untuk setiap jamnya.

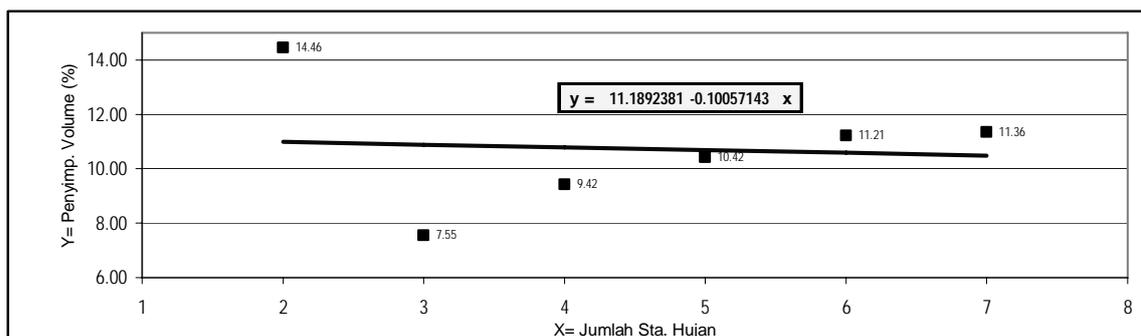
Bila hasil kalibrasi tersebut dalam Tabel 5 di atas digambarkan dalam bentuk grafik penyimpangan, maka didapat gambar seperti terlihat dalam Gambar 7 sampai Gambar 10 yang menunjukkan walaupun belum tentu untuk jumlah stasiun hujan terbanyak memiliki penyimpangan terkecil tetapi secara keseluruhan menunjukkan bahwa semakin banyak stasiun memiliki kecenderungan makin baik akurasi, seperti berikut ini.

Tabel 5. Hasil penyimpangan volume dan hidrograf setiap jumlah stasiun

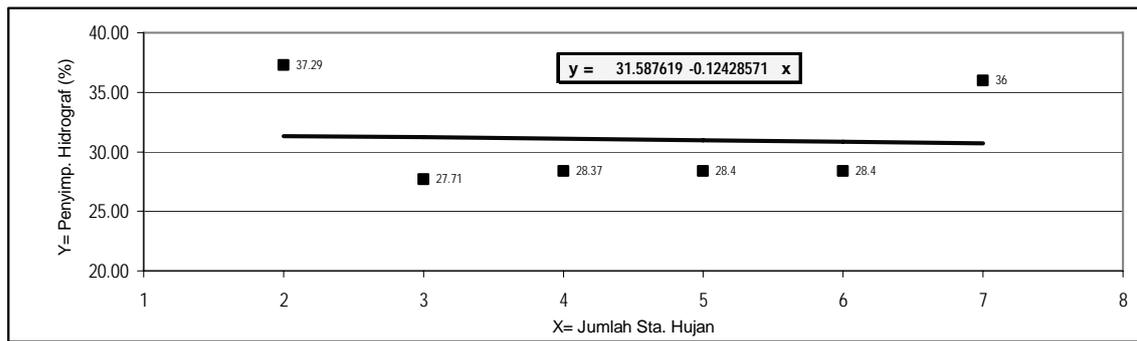
Stasiun AWLR	Jenis Penyimpangan	Jumlah Stasiun hujan					
		2	3	4	5	6	7
Sekayu	Volume (%)	31.64	18.41	17.51	17.43	17.43	23.56
	Hidrograf (%)	37.29	27.71	28.37	28.40	28.40	36.00
A. Yani	Volume (%)	14.46	7.55	9.42	10.42	11.21	11.36
	Hidrograf (%)	36.71	27.85	28.64	27.00	27.48	26.39



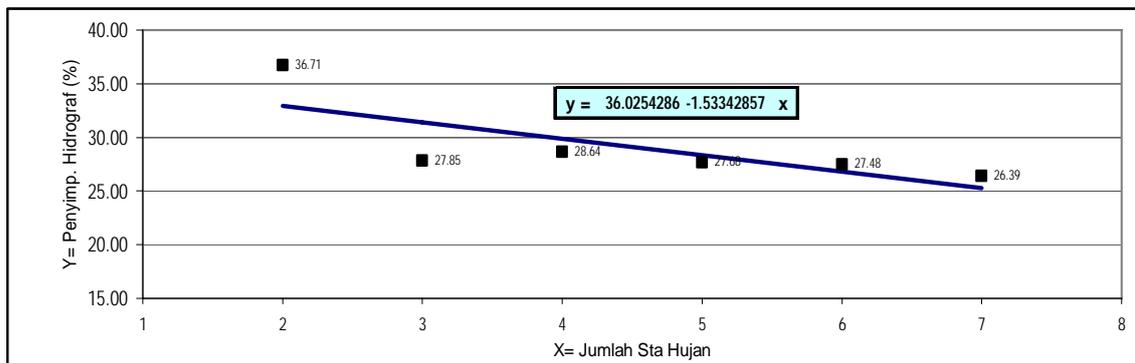
Gambar 7. Kecenderungan penyimpangan volume pada AWLR Sekayu



Gambar 8. Kecenderungan penyimpangan volume pada AWLR A.Yani



Gambar 9. Kecenderungan penyimpangan hidrograf debit pada AWLR Sekayu



Gambar 10. Kecenderungan penyimpangan hidrograf debit pada AWLR A.Yani

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh jumlah stasiun hujan terhadap kinerja metode *storage function* dalam penentuan banjir rancangan maka dapat disimpulkan beberapa hal seperti berikut ini.

1. Dengan berubahnya jumlah stasiun hujan akan menghasilkan perbedaan besaran debit dan bentuk grafik hidrograf yang dihasilkan oleh program *storage function*.
2. Hasil variasi jumlah stasiun hujan dalam kalibrasi hingga menghasilkan hidrograf yang paling mirip dengan hidrograf hasil observasi, ternyata menunjukkan bahwa perubahan jumlah stasiun hujan tidak merubah besaran/nilai karakteristik DAS. Perubahan jumlah stasiun akan merubah ketelitian terhadap besaran penyimpangan volume dan penyimpangan pola hidrograf.
3. Untuk jumlah stasiun hujan paling banyak belum tentu menghasilkan penyimpangan/kesalahan paling kecil. Tetapi secara keselu-

ruhan makin banyak jumlah stasiun akan memiliki kecenderungan pemyimpangan makin kecil. Hal ini terlihat pada grafik hasil kalibrasi dengan data observasi di stasiun AWLR Sekayu maupun pada stasiun AWLR A.Yani.

Saran

Berdasarkan pengalaman penulis dalam menggunakan model *storage function* untuk hitungan banjir rancangan, dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut ini.

1. Dalam menggunakan program *storage function* harus dilakukan dengan cermat, khususnya dalam melakukan pemilihan dan pengolahan data sekunder serta penetapan parameter model yang merepresentasikan karakteristik DAS yang dikaji.
2. Mengingat banyaknya parameter model yang ditetapkan dengan prosedur coba ulang, kiranya strategi kalibrasi harus didasarkan pada pemahaman sifat-sifat DAS dan hidrograf aliran banjir di daerah studi.

3. Untuk mempercepat proses kalibrasi, diperlukan program bantu menggunakan algoritma optimasi dalam menentukan nilai parameter model. Fasilitas SOLVER yang ada pada Microsoft Office merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan untuk pembuatan program bantu kalibrasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982, *Manual for River Work in Japan Survey*, River Bureau, Ministry of Construction, Japan
- Anonim, 1993, *Study on Comprehensive Improvement of The Apure River Basin – Flood Runoff Calculation Storage Function Method*, Japan International Cooperation Agency (JICA), Venezuela
- George Fleming, 1975, *Computer Simulation Techniques in Hydrology*, American Elsevier Publisher, New York
- Joko Sujono, Shiomi Shikasho, Kazuaki Hiramatsu, 2002, *Evaluation of Storage Function Model Parameters Using Fuzzy Linear Regression Approach*, Advance in Hydraulics and Water Engineering, Guo et al (eds), World Scientific, Singapore, pp. 675-680
- Sri Harto Br, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sri Harto Br, 2000, *Hidrologi -Teori, Masalah, Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.