

PERSOALAN PROSES KALIBRASI MODEL PERKIRAAN BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI BESAR Studi Kasus DAS Bengawan Solo

Sobriyah ¹

ABSTRACT

Rainfall runoff model with system approach do not interested of the process that happened on the land, but its more interested of the truth of the result which is obtained through calibration. The problem emerge and its started from the existing data condition. The existing of rainfall data have different range of time and it owning many empty data. The areal precipitation analysis by Thiessen's methode get difficulty because its polygon fluctuate. For large catchment with some place of Automatic Water Level station, the chosen of streamflow represent the time series of streamflow from the upstream to the downstream. Some gathered data indicate that the upstream hydrograf is high but the downstream hydrograf is low, or on the contrary. Most of Bojonegoro's hydrograph data has smaller volume than its upstream hydrograph. For the overcome of this problem its used the various method, so that result of calibrating is satisfy

Key Words : *calibration problem, rainfall-runoff model, large catchment*

PENDAHULUAN

Model perkiraan banjir DAS besar yang dikembangkan, mensimulasikan proses hujan menjadi aliran. Model tersebut menggunakan pendekatan sistem sehingga membutuhkan masukan beberapa parameter. Model dengan pendekatan sistem kurang tertarik pada proses alam yang sesungguhnya terjadi, tetapi tertarik pada kebenaran hasil yang diperoleh. Hasil model akan baik atau jelek tergantung pada anggapan-anggapan yang dibuat untuk parameternya. Parameter yang ada dapat dibedakan menjadi :

- 1) parameter yang terukur,
- 2) parameter yang ditetapkan dengan tepat, dan
- 3) parameter yang ditetapkan dengan tidak tepat.

Parameter yang terukur dapat ditetapkan langsung dari peta topografi, peta tanah, peta tata guna lahan, catatan data hidrologi, data pengukuran sungai yang meliputi pengukuran tampang memanjang dan melintang, data pengukuran debit sesaat

dan data pengukuran tinggi muka air. Parameter yang ditetapkan berdasarkan anggapan dikontrol dengan cara kalibrasi.

Model hujan-aliran yang dikembangkan merupakan sintesa dari rumus Rasional, infiltrasi Horton, Manning, Muskingum-Cunge dan O'Donnel. Metode Rasional untuk DAS besar diterapkan dengan sistem grid. Rumus-rumus tersebut sudah dikenal secara luas, sehingga pemakaiannya relatif mudah.

Daerah Aliran Sungai yang dipilih untuk kalibrasi model yaitu DAS Bengawan Solo dengan titik kontrol dari setasiun Jurug, Kajangan, Ketonggo, Bojonegoro dan Babat yang mempunyai luas 14.250 km². Peta tata letak dan titik-titik kontrol DAS Bengawan Solo ditunjukkan pada Gambar 1. Penyederhanaan bagian-bagian yang rumit akibat kompleksitas kondisi hidraulika di lapangan diantaranya didekati dengan (1) derivasi sel 5x5 km² dari sel 0,1x0,1 km² dan (2) konsep waduk imajiner.

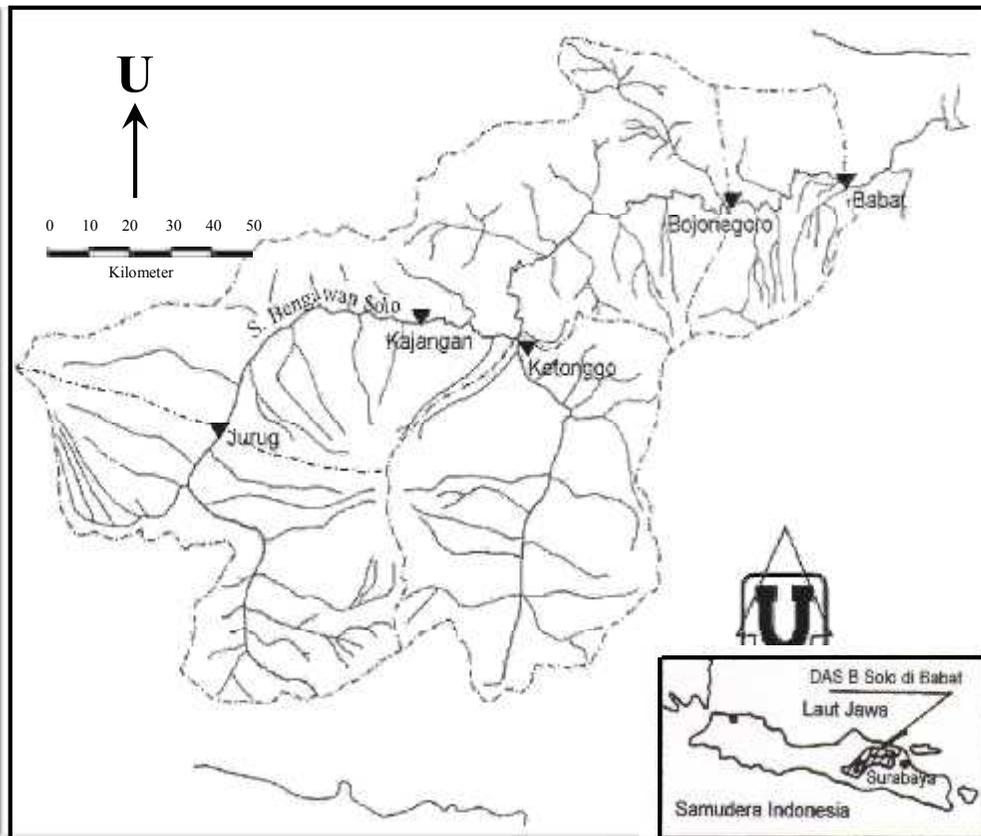
Model hujan-aliran pada penelitian ini mempunyai beberapa parameter yang 11

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas
Sebelas Maret

Persoalan Proses Kalibrasi Model Perkiraan Banjir Daerah Aliran Sungai Besar
Studi Kasus DAS Bengawan Solo

diantaranya hanya dapat ditentukan secara baik dengan kalibrasi yang dilakukan dengan cara coba-ulang (*trial and error*). Pada kondisi tertentu parameter-parameter lain juga memerlukan penyesuaian dari nilainya agar diperoleh suatu hasil simulasi yang mendekati pengamatan. Oleh karena itu dalam proses kalibrasi pengetahuan akan fungsi dari parameter-parameter tersebut

dalam siklus hidrologi, serta pengaruh perubahannya pada hasil keluaran sangat memegang peran. Pemahaman ini dapat diperoleh dari pengalaman melakukan kalibrasi yang diawali dengan penyiapan datanya. Data yang banyak menimbulkan kesulitan pada proses kalibrasi DAS Besar yaitu data hujan dan data AWLR yang akan dibahas pada uraian selanjutnya.



Gambar 1. Tata Letak DAS Bengawan Solo dan letak setasiun pengamatan AWLR

DATA MASUKAN

Untuk mengetahui respon DAS terhadap hujan yang jatuh dibutuhkan berbagai data tergantung dari model yang digunakan. Teknik simulasi dalam hidrologi dapat

berupa model yang relatif sederhana sampai model yang sangat kompleks dengan kebutuhan data yang berbeda-beda. Semakin kompleks model yang dibuat maka semakin banyak data yang dibutuhkan. Kualitas keluaran model tidak hanya

tergantung dari struktur modelnya, tetapi sangat tergantung dari data masukannya. Jika data masukannya bagus, dapat diharapkan keluarannya akan bagus. Tetapi jika data masukannya jelek maka dapat dipastikan hasil keluarannya jelek pula.

1. Klasifikasi data masukan

Data masukan mempunyai tiga klasifikasi (Fleming, 1975) yaitu

- 1) parameter hidrometeorologi,
- 2) parameter proses, dan
- 3) parameter fisik.

Klasifikasi data yang dibutuhkan untuk model perkiraan banjir DAS besar pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

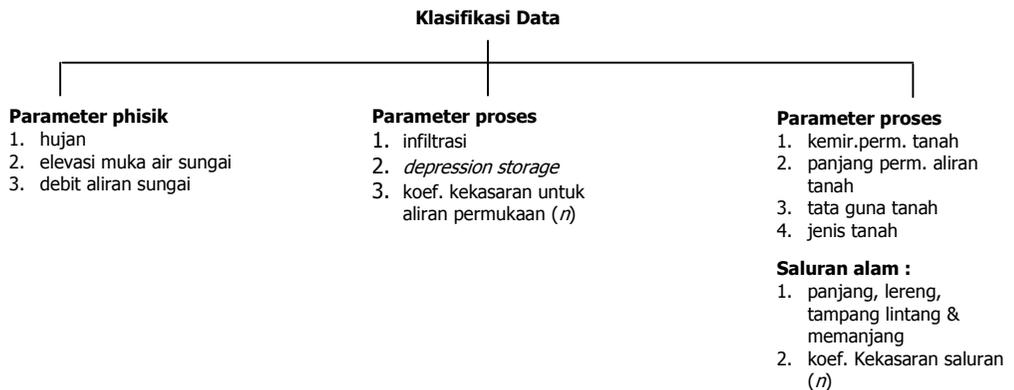
2. Penetapan nilai parameter

a. Hujan

Nilai hujan diperoleh dari data pengamatan setasiun hujan harian yang tersebar di seluruh DAS Bengawan Solo sampai titik

kontrol Babat. Jumlah setasiun hujan harian cukup banyak, namun distribusi ruangnya tidak merata. Setasiun hujan yang terletak di bagian hulu lebih rapat daripada bagian hilir. Setasiun-setasiun hujan ini dikelola oleh Dinas Pengairan yang terdiri dari Dinas Pengairan Wonogiri, Boyolali, Sragen, Karanganyar, Klaten, Blora, Ngawi, Ponorogo, Madiun, Bojonegoro, Lamongan dan Tuban.

Kenampakan awal yang hampir selalu dijumpai adalah keadaan data yang tidak menerus (*discontinue*). Apabila terputusnya data tersebut hanya dalam hitungan satu atau dua hari, kemungkinan belum akan menimbulkan masalah dalam analisis. Ketidakkanggahan (*inconsistent*) data hujan kadang-kadang dijumpai dan diperkirakan akibat dari penggantian alat dengan spesifikasi yang berbeda, perubahan lingkungan yang mendadak atau lokasi setasiun hujan dipindah



Gambar 2. Klasifikasi data untuk perkiraan banjir DAS besar

Kesalahan administrasi dapat juga menjadi penyebab data hujan yang kurang baik. Kesalahan ini akibat dari pemindahan data dari suatu tabel ke tabel yang lain atau dari pembacaan otomatis ke tabel. Mengingat adanya kemungkinan kesalahan pengamatan data hujan maka perlu dilakukan pemilihan setasiun hujan untuk

DAS Bengawan Solo. Hal ini dimaksudkan untuk penyederhanaan perhitungan yang didasarkan pada data hujan, namun tetap memperoleh ketelitian yang layak. Hasil analisis ini menetapkan stasiun hujan terpilih dengan jumlah untuk seluruh DAS Bengawan Solo sampai titik kontrol Babat=99 buah (Sobriyah dkk., 2001).

Masukan data hujan yang dibutuhkan adalah hujan sel. Sel-sel ini diperoleh dengan cara DAS dibagi rata dengan grid-grid (garis-garis) yang saling tegak lurus. Jarak antar grid=25 km. Luas areal antara grid-grid disebut sel. Dalam memperkirakan hujan sel tidak jarang ditemui kendala pada sejumlah setasiun hujan yang digunakan. Hal ini dikarenakan tidak semua data tersedia mempunyai kurun waktu yang sama. Ketidak adaan data hujan pada suatu setasiun sebetulnya dapat diisi dengan suatu metode. Namun berdasarkan analisis Sobriyah dkk. (2001), pengisian ini memberikan kesalahan yang cukup besar. Oleh karena itu data hujan yang tidak ada tidak diisi, dengan konsekuensi analisis hujan titik menjadi hujan daerah dengan cara Thiessen mengakibatkan poligonnya berubah-ubah. Untuk mengatasi hal ini nilai hujan daerah didapatkan dengan cara hujan harian titik diubah menjadi hujan daerah menggunakan cara Thiessen dengan sistem grid (Sobriyah dkk., 2001). Data hujan masukan yang dibutuhkan untuk model hujan-aliran pada penelitian ini harus dalam bentuk hujan jam-jaman, sehingga hujan harian sel yang telah didapatkan diubah menjadi hujan jam-jaman. Cara mengubah hujan harian menjadi hujan jam-jaman dengan *event analysis*. Hasil analisis berupa beberapa pola hujan berdasarkan tahunnya dengan durasi hujan yang dominan=4jam(Sobriyah dkk., 2001). Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo sampai titik kontrol Babat merupakan DAS besar yang kebanyakan hidrograf banjir di hilirnya berbentuk mendekati trapesium. Waktu yang dibutuhkan dari hidrograf naik sampai hidrograf turun mencapai beberapa hari, sehingga membutuhkan masukan waktu antar hujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu antar hujannya=24jam (Sobriyah dkk., 2001)

b. Debit aliran sungai pengamatan

Data hidrograf banjir pengamatan sangat penting karena digunakan sebagai acuan

dalam proses kalibrasi. Data ini diperoleh dengan cara sebagai berikut.

- 1) Membuat liku kalibrasi (*rating curve*) dari data pengukuran debit sesaat. Liku kalibrasi ini dibuat untuk satu atau sekelompok tahun yang didasarkan pada ketersediaan datanya. Pada setiap liku kalibrasi diasumsikan bahwa tampang melintang sungai, tempat dimana pengukuran debit dilakukan, dianggap tidak berubah. Kesulitan timbul karena pada tahun di saat dilakukan pengukuran debit sesaat, tinggi muka air yang diukur kurang bervariasi. Misalnya hanya pada saat muka air rendah saja. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat liku kalibrasi yang dikelompokkan dalam beberapa periode. Apabila pada suatu kelompok, pengamatan debit sesaat yang ada hanya pada muka air rendah, maka ditambahkan data pengamatan dari tahun lain dengan muka air tinggi.
- 2) Hasil pengamatan tinggi muka air pada setasiun terpilih diubah menjadi hidrograf aliran dengan menggunakan liku kalibrasi yang sesuai dengan tahun pengamatannya.

c. Infiltrasi konstan (f_c)

Nilai infiltrasi konstan (f_c) ditetapkan berdasarkan jenis tanah yang ada di DAS Bengawan Solo yang dapat dibaca dari peta tanah tinjau. Peta ini didapatkan dari Balai Teknologi Pengelolaan DAS Bengawan Solo Departemen Kehutanan di Surakarta.

Klasifikasi tanah yang tercantum di dalam peta tersebut lazim digunakan di bidang pertanian, seperti latosol, andosol, grumosol dll. Kesulitan timbul karena tidak mudah memperkirakan tanah-tanah tersebut ke dalam klasifikasi tekstur tanah. Hal ini perlu dilakukan karena referensi yang didapatkan adalah hubungan antara infiltrasi konstan dengan tekstur tanah (lihat Wanielista, 1990). Apabila pada suatu sel terdiri dari dua atau beberapa tekstur tanah maka diambil nilai f_c reratanya.

d. Tampang cekungan (*depression storage*)

Pada penelitian ini, nilai tampungan permukaan merupakan nilai yang dikalibrasi karena tidak adanya data lapangan. Nilai ini ditetapkan berdasarkan referensi yang ada.

e. Koefisien Manning

Koefisien kekasaran Manning sebagai fungsi dari jenis tata guna lahan dapat diperkirakan dari referensi (Ponce, 1989, Chow, 1959 dan Wanielista, 1990).

f. Kemiringan permukaan tanah

Data kemiringan permukaan tanah diperoleh dari peta kemiringan tanah. Peta ini memberikan informasi empat kelas kemiringan tanah yaitu 0-2%, 2-15%, 15-40%, dan >40%. Masing-masing kelas diambil nilai tengahnya 1%, 8,5%, 27,5% dan 40%. Pada setiap sel diukur luasan yang memiliki kelas kemiringan sama dengan planimeter. Kemiringan tanah sel merupakan nilai rata-ratanya. Peta kemiringan tanah sebagian DAS Bengawan Solo diperoleh dari instansi Badan Pertanahan Nasional.

g. Tata guna lahan

Tata guna lahan DAS Bengawan Solo diukur dari Peta Tata Guna Lahan (PTGL) yang diperoleh dari Badan Pertanahan Nasional (BPN). Peta Tata Guna Lahan DAS Bengawan Solo yang berlokasi di Jawa Tengah diperoleh dari BPN Jawa Tengah di Semarang, sedang yang berlokasi di Jawa Timur diperoleh dari BPN Jawa Timur di Surabaya. Peta ini dibuat dengan skala 1:100.000 yang memberikan informasi tentang tata guna lahan DAS Bengawan Solo. Tata guna lahan yang diprioritaskan adalah permukiman, sawah, tegal, hutan, perkebunan dan waduk yang cukup besar. Setiap penggunaan lahan diberi notasi yang spesifik. Peta yang berhasil dikumpulkan yaitu PTGL th 1985, 1990 dan 1997. Pada setiap PTGL di buat batas DAS Bengawan Solo, kemudian dibagi menjadi grid-grid dengan ukuran 5x5 km². Tata guna lahan

sel diperoleh dengan mengukur setiap jenis tata guna lahan yang ada di sel dengan planimeter. Pekerjaan ini mudah dilakukan namun membutuhkan waktu yang lama sehingga kesulitan yang timbul adalah bagaimana mendapatkan data yang akurat.

f. Geometri sungai Bengawan Solo

Penelusuran sungai hanya dilakukan di sungai Bengawan Solo karena model ini mengabaikan adanya anak-anak sungai yang ada dalam sub DAS. Data geometri sungai diperoleh dari Proyek Bengawan Solo di Surakarta. Tampang melintang yang dipilih mempunyai jarak ± 10 km yang diawali dari setasiun AWLR Jurug. Kemiringan dasar sungainya merupakan nilai rata-rata kemiringan dasar sungai untuk setiap penggal yang ditinjau. Kegiatan untuk mendapatkan data ini relatif tidak sulit.

3. Pemilihan Pasangan Kejadian Hujan dan Aliran Pengamatan

Kejadian aliran hasil pengamatan yang dipilih untuk kalibrasi adalah kejadian aliran dari setasiun Jurug, Kajangan, Ketonggo, Bojonegoro dan Babat. Kejadian yang dipilih sedemikian rupa sehingga secara logika merupakan rangkaian kejadian aliran yang berkesinambungan. Pemilihan ini harus mempertimbangkan waktu kelambatan (*lag time*) yang pernah terjadi. Waktu kelambatan tersebut adalah perbedaan waktu terjadinya debit puncak di suatu lokasi dengan lokasi di hilirnya.

Salah satu contoh hidrograf pengamatan terpilih ditunjukkan pada Gambar 3.

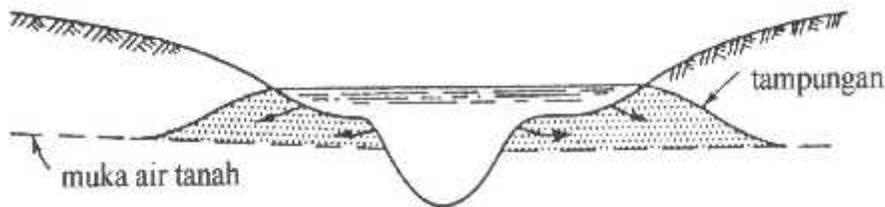
Kejadian aliran yang terpilih dapat memberikan perkiraan kejadian hujan yang mempengaruhi aliran tersebut. Pada kejadian aliran tanggal 3 – 17 Februari 1997, hujan yang diperkirakan menjadi penyebab aliran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hujan sebagai penyebab aliran tanggal 3 – 17 Februari 1997

No.	Sub DAS	Hujan
1.	Jurug	4 – 8 Februari 1997
2.	Kajangan	4 – 9 Februari 1997
3.	Ketonggo	4 – 9 Februari 1997
4.	Bojonegoro	3 – 10 Februari 1997
5.	Babat	3 – 11 Februari 1997

Aliran dari sub DAS Jurug, Kajangan, dan Ketonggo dimulai tanggal 4 Februari 1997 karena hidrograf aliran pada tanggal 3 Februari adalah hidrograf resesi.

Pemilihan kejadian aliran ini tidak sederhana karena sering terjadi, di bagian hulu terjadi aliran yang besar, tetapi di Bojonegoro atau Babat tidak terjadi aliran yang signifikan walaupun pada waktu yang berurutan. Atau sebaliknya di hilir terjadi banjir besar, tetapi di hulu aliran kecil atau hanya berupa aliran dasar. Selain itu, pada suatu tanggal kejadian terpilih datanya tidak lengkap.



Gambar 3. Masuknya air sungai ke dalam air tanah

4. Pembacaan AWLR

Kejadian aliran yang terpilih adalah rekaman AWLR yang merupakan grafik ketinggian muka air. Pembacaan grafik harus dilakukan dengan cermat karena kejadian aliran di hilir mempunyai fluktuasi kedalaman aliran yang besar, sementara kertas yang digunakan untuk rekaman AWLR mempunyai ukuran yang terbatas. Pada setiap lembar kertas mempunyai koordinat dengan absis yang merupakan skala waktu dan ordinatnya merupakan skala tinggi muka air. Untuk rekaman waktu tidak menimbulkan masalah

Misalnya, catatan aliran setasiun Jurug, Kajangan, Ketonggo dan Bojonegoro pada suatu kejadian tersedia, tetapi catatan aliran setasiun Babat tidak tersedia. Pada kejadian terpilih yang lain ternyata data tersedia hanya di dua atau tiga setasiun pengamatan.

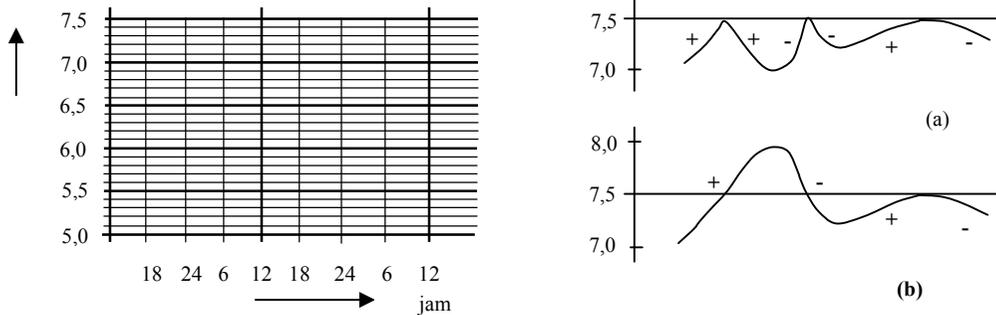
Masalah lain yang timbul, hampir pada seluruh kejadian terpilih jumlah volume aliran setasiun Kajangan dan Ketonggo lebih besar dari volume aliran setasiun Bojonegoro. Fenomena alam memang menunjukkan bahwa jika terjadi banjir di daerah Bojonegoro terjadi genangan di sekitar sungai Bengawan Solo yang cukup lebar. Genangan ini mengisi cekungan-cekungan sehingga sebagian air banjir tertahan walaupun banjir sudah surut. Selain fenomena tersebut, pada penelitian ini diasumsikan bahwa elevasi muka air banjir tinggi, sementara elevasi muka air tanahnya rendah, sehingga air sungai masuk ke dalam air tanah sebagai ditunjukkan pada Gambar 3.

karena kertas rekaman yang satu dapat disambung dengan kertas rekaman yang lain.

Rekaman tinggi muka air terbatas pada interval 2,5 m yaitu 0,0-2,5 m, 2,5-5,0 m, 5,0-7,5 m, 7,5-10,0 m dan seterusnya. Pada setiap kertas rekaman tercantum pembacaan awal dan akhir rekaman yang ditulis oleh petugas Dinas Pengairan. Masalah timbul apabila dalam satu kertas rekaman memiliki tinggi muka air yang masuk ke dalam dua interval ketinggian. Sebagai contoh apabila tertulis pembacaan

awal pada 7,1 m dan pembacaan akhir pada 7,9 m. Gambar AWLR menunjukkan bahwa pada saat muka air melebihi 7,5 m, grafik sudah tidak dapat naik lagi tetapi turun kebawah sebagai ditunjukkan pada Gambar 4a. Pada saat grafik mulai turun, skala tinggi muka air berubah menjadi 7,5 m

untuk garis paling atas dan 10,0 m untuk garis paling bawah sehingga diberi tanda +. Ketika grafik mulai naik menuju garis 7,5 m diberi tanda -, karena sebetulnya grafik tersebut turun sebagai ditunjukkan pada Gambar 4b.



Gambar 4. Kertas rekaman dan contoh rekaman AWLR.

Untuk memastikan apakah grafik yang berubah arah di garis batas atas maupun bawah mempunyai skala yang berubah, harus dilihat dari pembacaan awal dan akhir rekaman. Pada umumnya, jika perubahan arahnya berbentuk tajam skala tinggi muka airnya berubah dan jika perubahan arahnya tidak tajam skalanya tidak berubah. Pembacaan rekaman AWLR akan lebih mudah dikerjakan kalau kertas rekaman yang tanggal kejadiannya berurutan disambung terlebih dahulu. Selanjutnya dilakukan pemberian tanda + untuk grafik naik dan tanda - pada grafik yang turun. Tanda-tanda ini harus sesuai dengan catatan tinggi muka air yang tertulis di awal dan akhir kertas rekaman.

5. Pembuatan liku kalibrasi (rating curve)

Pembacaan rekaman AWLR diubah menjadi hidrograf aliran dengan liku kalibrasi (rating curve) yang merupakan grafik hubungan antara tinggi muka air dengan debit aliran sungai di suatu lokasi. Data yang dibutuhkan untuk pembuatan liku kalibrasi yaitu pengukuran kecepatan aliran, tinggi

muka air pada saat pengukuran dilakukan dan tampang melintang sungai di mana pengukuran dilakukan. Pengukuran ini sayangnya hanya dilakukan beberapa kali dalam setahun dengan interval waktu yang tidak tetap.

Liku kalibrasi dapat dinyatakan sebagai persamaan hasil regresi antara tinggi muka air dan debit, sehingga pembacaan rekaman AWLR dapat diubah menjadi hidrograf aliran melalui persamaan ini. Persamaan ini dapat dibuat untuk setiap tahun, namun karena data pengukuran kecepatan aliran belum tentu dilakukan setiap tahun, liku kalibrasi dibuat untuk satu atau sekelompok tahun. Data pengukuran debit untuk setasiun AWLR terpilih yang berhasil dikumpulkan dalam beberapa tahun kejadian banjir cukup banyak, namun pengukuran kejadian banjir besarnya hanya sedikit. Kesulitan timbul karena kejadian banjir DAS Bengawan Solo yang terpilih cukup bervariasi yaitu dari banjir kecil sampai besar. Oleh karena itu transformasi data rekaman AWLR ke debit aliran terpaksa dilakukan dengan data banjir besar yang terbatas.

KALIBRASI MODEL

Kalibrasi model dilakukan dengan cara memberikan taksiran awal pada parameter yang dikalibrasi, kemudian taksiran awal ini secara berulang diperbaiki untuk menentukan nilai parameter yang tepat. Parameter yang dikalibrasi pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Ketepatan nilai parameter diukur dari nilai perbandingan keluaran model dengan catatan pengukuran di lapangan. Perbedaan yang diijinkan ditetapkan sebesar 15%. Pada Penelitian ini nilai yang dibandingkan yaitu debit puncak tertinggi, waktu terjadinya debit puncak tersebut dan volume alirannya, karena model ini berorientasi pada kejadian banjir. Proses kalibrasi dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

- 1) Penyesuaian volume total hidrograf banjir hasil simulasi dan pengamatan. Proses ini dilakukan dengan cara menentukan nilai tampungan cekungan permukaan (*depression storage*) dan f_0 (nilai infiltrasi awal),
- 2) Penyesuaian nilai debit puncak terbesar. Kejadian aliran terpilih merupakan kejadian aliran dalam beberapa hari maka terdapat beberapa nilai debit puncak tetapi yang diprioritaskan debit puncak terbesar. Jika ada perbedaan maka perlu mengatur nilai debit puncak (Q_c) hidrograf satuan sel, mengalikannya dengan suatu koefisien derivasi yang ditemukan dengan cara coba-coba (kalibrasi implisit). Sebenarnya koefisien ini mempunyai hubungan terhadap proses fisik yang terjadi di lapangan. Namun demikian pemodelan koefisien derivasi yang digunakan dalam penelitian ini masih menggunakan pendekatan *black box*. Dengan pendekatan *black box* ini proses fisik di lapangan belum dimodelkan sebagai landasan penetapan koefisien derivasi.
- 3) Penyesuaian nilai waktu mencapai debit puncak terbesar. Nilai ini diatur dengan

mengubah-ubah nilai koefisien Manning baik di lahan maupun di sungai. Pada penelitian ini nilai koefisien Manning untuk setiap tata guna lahan disamakan untuk setiap sub DAS, walaupun kenyataannya kondisi hutan, sawah, desa dan tegal di masing-masing sub DAS berbeda. Jika nilai koefisien Manning belum dapat menyesuaikan nilai waktu mencapai puncak maka nilai t_c hidrograf satuan sel dikalikan dengan koefisien derivasi.

Pelaksanaan tahapan kalibrasi model di atas tidak berjalan secara linier menurut tingkat tahapannya karena tidak dilakukan secara otomatis. Penyesuaian nilai parameter pada suatu tahap, misalnya tahap 2, dapat mengakibatkan tingkat kesesuaian hasil simulasi dan pengamatan pada tahap sebelumnya berubah, yang berarti volume aliran simulasi berubah. Proses kalibrasi diulang lagi dari tahap awal dengan mengubah nilai *depression storage*. Tetapi nilai ini mempunyai batas tertentu, tergantung besarnya nilai hujan. Kombinasi yang baik akan dapat menghasilkan aliran simulasi yang sesuai.

Pengulangan ini dapat cepat diselesaikan jika pemahaman terhadap pengaruh perubahan nilai-nilai parameter terhadap hasil simulasi cukup baik. Pengaruh perubahan nilai parameter dapat dipelajari melalui persamaan-persamaan matematik dalam model yang melibatkan parameter-parameter tersebut.

Proses kalibrasi DAS Bengawan Solo dengan titik kontrol Jurug, Kajangan, Ketonggo, Bojonegoro dan Babat harus dimulai dari Jurug. Setelah aliran di setasiun Jurug cocok, secara berturut-turut mencocokkan aliran di setasiun Kajangan, Ketonggo, Bojonegoro dan Babat. Pada beberapa kejadian, genangan di Bojonegoro dan Babat disimulasikan sebagai waduk imajiner. Waduk ini hanya berfungsi untuk mengatur nilai debit puncak dan waktu puncak, sehingga hasil simulasi mendekati hasil pengamatan. Salah satu hidrograf hasil

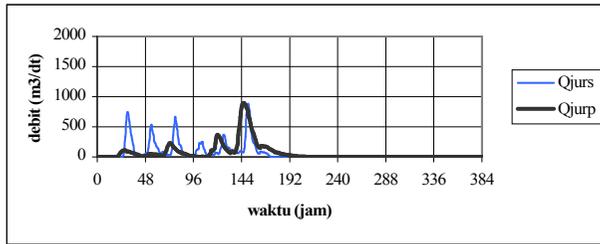
simulasi model dan pengamatan kejadian terpilih ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 2. Parameter-parameter model hujan-aliran

No.	Parameter Model	Cara mendapatkan Nilai parameter	Sumber Data
	Parameter terukur		
1.	Luas DAS/sub DAS	Ditetapkan berdasarkan Peta Tata-guna Lahan	BPN Jateng dan Jatim
2.	Kemiringan lahan	Ditetapkan berdasarkan Peta Kemiringan Tanah	idem
3.	Panjang alur saluran kecil	Diukur dari Peta Tataguna lahan	idem
4.	Tampang melintang sungai utama	Ditetapkan berdasar pengukuran yang dilakukan PBS	PBS Solo
5.	Panjang sungai utama	idem	PBS Solo
6.	Debit pengamatan	Ditetapkan berdasarkan data AWLR	PBS Solo Dinas Peng. Jateng-Jatim
7.	Hujan	Ditetapkan berdasar data hujan	idem
8.	Debit sesaat	Ditetapkan berdasar pengukuran yang dilakukan PBS	PBS Solo
9.	Koef. Manning (n) : lahan	Tata-guna lahan diukur dari peta nilai n diperkirakan dari Referensi	BPN
	sungai	Keadaan sungai dilihat di lapangan, nilai n diperkirakan dari referensi	lapangan
10.	Nilai infiltrasi konstan (f_c)	Jenis tanah dari peta tanah tinjau nilai f_c diperkirakan dari referensi	BP DAS Beng. Solo
	Parameter ditetapkan		
1.	Depression storage (d_s)	Kalibrasi	
2.	Infiltrasi awal (f_0)	Kalibrasi	
3.	Lebar muka air saluran (b)	Kalibrasi	
4.	Hidrograf satuan sel		
	Koefisien Q_b	Kalibrasi	
	Koefisien t_c	Kalibrasi	
	Koefisien t_b	Kalibrasi	
5.	Koef. utk mensimulasikan tambah/hilang aliran di Bojonegoro dan Babat (r_b)	Kalibrasi	
6.	Waduk imager		
	Koef. aliran mercu (C_b)	Kalibrasi	
	Lebar pelimpah (B_b)	Kalibrasi	
	Lebar waduk (B_w)	Kalibrasi	
	Panjang waduk (L_b)	Kalibrasi	

Catatan : BP DAS Beng. Solo = Balai Pengelolaan DAS Bengawan Solo Departemen Kehutanan

Persoalan Proses Kalibrasi Model Perkiraan Banjir Daerah Aliran Sungai Besar
Studi Kasus DAS Bengawan Solo



$Q_{i,s}$ = debit sta. i hasil simulasi
 $Q_{i,p}$ = debit sta. i hasil pengamatan

SETASIUN JURUG

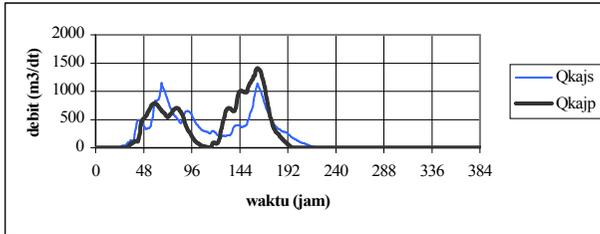
Q_{Jurs} = 875,7/jam ke 151

Q_{Jurp} = 897,4/jam ke 146

Perbedaan Q_{puncak} = 2,4%

Volume = 1,14%

waktu puncak = 3,4%



SETASIUN KAJANGAN

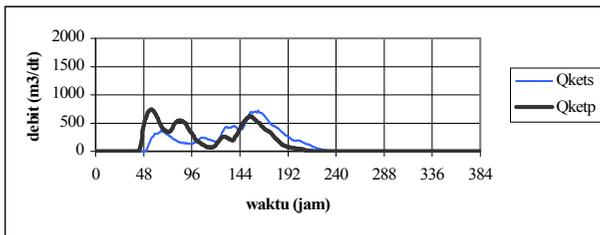
Q_{Kajs} = 1136,3/jam ke 162

Q_{Kajp} = 1407,5/jam ke 162

Perbedaan Q_{puncak} = 19,3%

Volume = 4,0%

waktu puncak = 0,0%



SETASIUN KETONGGO

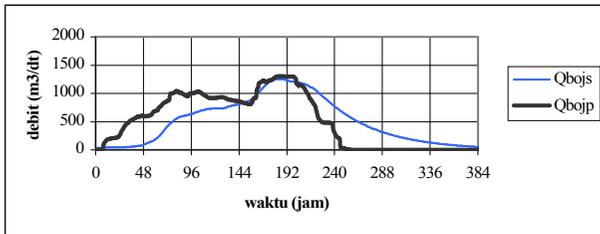
Q_{Kets} = 719,6/jam ke 162

Q_{Ketp} = 621,1/jam ke 154

Perbedaan Q_{puncak} = 15,8%

Volume = 0,11%

waktu puncak = 5,19%



SETASIUN BOJONEGORO

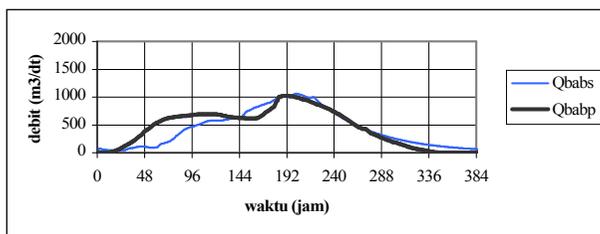
Q_{Bojs} = 1255,5/jam ke 186

Q_{Bojp} = 1301,1/jam ke 184

Perbedaan Q_{puncak} = 3,5%

Volume = 1,36%

waktu puncak = 1,1%



SETASIUN BABAT

Q_{Babs} = 1060,1/jam ke 201

Q_{Babp} = 1024,8/jam ke 188

Perbedaan Q_{puncak} = 3,4%

Volume = 3,89%

waktu puncak = 6,91%

Gambar 5. Hidrograf hasil simulasi model dan pengamatan tanggal 3 – 17 Februari 1997

Nilai awal parameter ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai awal parameter yang di kalibrasi

No.	Parameter	Batasan Nilai	Nilai awal	
1.	<i>Depression storage</i>	> 0,0	3 mm	estimasi
2.	Infiltrasi awal (f_c)	$\geq f_c$	= f_c	Tanah sudah jenuh
3.	Hidrograf satuan sel			
	Koefisien Q_p	> 0,0	1,0	Sesuai dengan hidrograf satuan analisis
	Koefisien t_c	> 0,0	1,0	
	Koefisien t_b	> 0,0	1,0	
4.	Koefisien untuk mensimulasikan kehilangan aliran di Bojonegoro dan Babat	$\geq 0,0$	0,0	Tidak terjadi kehilangan aliran
5.	Waduk imajiner			
	Koef. pengaliran mercu	1,6 – 2,5	1,6	Tidak ada genangan atau waduk imajiner
	Lebar mercu	$\geq 0,0$	0,0	
	Lebar waduk	$\geq 0,0$	0,0	
	Panjang waduk	$\geq 0,0$	0,0	

KESIMPULAN

1. Kesulitan karena ketiadaan data hujan pada pengalihan data hujan titik menjadi hujan daerah diatasi dengan menggunakan cara Thiessen-sistem grid
2. Pengalihan hujan harian menjadi hujan jam-jaman diatasi dengan cara *event analysis*, walaupun data hujan jam-jamannya hanya sedikit
3. Liku debit dibuat dalam beberapa kelompok menurut ketersediaan datanya, sedang data banjir besar terpaksa diambilkan dari tahun yang memilikinya.
4. Pembacaan data AWLR yang memiliki ketinggian dalam dua atau lebih interval, menggunakan asumsi bahwa jika lengkungnya runcing maka belum berubah arah, tetapi kalau lengkungnya tidak runcing diasumsikan berubah arah. Kemudian dicocokkan dengan catatan pembacaan awal dan akhir AWLR.
5. Data hidrograf banjir di Bojonegoro hampir semuanya mempunyai volume aliran yang lebih kecil dari Kajangan. Kenyataannya sering terjadi genangan di daerah Bojonegoro. Oleh karena kesulitan mendapatkan data genangan disimulasikan sebagai waduk inajiner.
6. Kalibrasi model perkiraan banjir DAS besar dengan titik kontrol di beberapa tempat mengalami kesulitan untuk

mendapatkan kesesuaian pada semua hidrografnya, terutama hidrograf banjir di hulu. Di hulu, hidrograf alirannya mempunyai beberapa puncak, sehingga yang disesuaikan hanya debit puncak tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Nijssen, B., Lettenmaier, D.P., Liang, X., Wetzel, S.W., and Wood, E.F., 1997, *Streamflow Simulation for Continental-scale River Basins*, Water Resources Research, Vol.33, No.4, 711-724
- Sobriyah, Sudjarwadi, Sri Harto dan Djoko Legono, 2001, *Input Data Hujan dengan Sistem Grid Menggunakan Cara Pengisian Data dan Tanpa Pengisian Data Hilang pada Sistem Poligon Thiessen*, Proceeding PIT-HATHI 23-24 Oktober 2001
- Sobriyah, Sudjarwadi, Sri Harto dan Djoko Legono, 2001, *Penetapan Waktu Antar Hujan, Durasi dan Distribusi Hujan Jam-jaman untuk DAS B. Solo*, Media Kom. Teknik Sipil Vol.9, No.3.
- Sobriyah, 2003, *Pengembangan Model Perkiraan banjir DAS Besar dari Sintesa Beberapa Persamaan Terpilih*, Disertasi Program Pascasarjana UGM