

**PEMAHAMAN KARAKTERISTIK HUJAN  
SEBAGAI DASAR PEMILIHAN MODEL HIDROLOGI  
(Studi Kasus di DAS Bengawan Solo Hulu)**

*Understanding the Rainfall Characteristics as a Basis in Selecting  
the Hydrological Model (Case Study on Upper Bengawan Solo Cacthment)*

Oleh:

***Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc.***

Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air, Fakultas Geografi UGM  
mphadi@ugm.ac.id

**ABSTRACT**

The research was conducted at the Upper Bengawan Solo Catchment, which was categorized as critical catchment. The problems of flood and drought became the main issue, and need to be handled sooner, therefore it need hydrological modelling to coupe the problems. As we know that the role of rainfall as an input to the model is very significant parameter in generating output (discharge), then the objective of this research is to know the rainfall characteristics.

The rainfall distribution in the research area can be known by doing the spatial analysis, especially using Kriging method. It does the rainfall mapping for a certain duration to describe the spatial rainfall distribution. It uses the rainfall data from 20 rainfall stations with 5 minutes interval recording. It does the inter-stations correlation analysis on the amount of rainfall and the distance of inter-stations. The significant level used in this study is 5%.

The result shows the tendency that the more of the station number decreased, the smaller the rainfall correlation coefficient inter-stations are. It can be meant that the numbers of the rainfall stations in catchment area have optimum number of gauge. The coverage area for each station is 13 km<sup>2</sup> when we use 5's minute interval data. Most of the rainfall which have intensity > 30 mm/hr occur at minute 20<sup>th</sup> to 125<sup>th</sup>. As much as 17.5% of these rainfall have randomly distribution. There is a significant relationship ( $R^2=65.2\%$ ) between daily maximum rainfall and minimum values of inter-stations correlation coefficient Base on above results it is very important to consider that in chosing the size of catchment area for hydrological modeling it should be related with its rainfall chraacteristics.

*Keywords: rainfall characteristics, hydrological modeling, Upper Bengawan Solo Catchment.*

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang Masalah**

Proses hidrologi dalam suatu DAS secara sederhana dapat digambarkan dengan adanya hubungan antara unsur masukan yakni hujan, proses dan keluaran yaitu berupa aliran. Adanya hujan tertentu akan menghasilkan aliran tertentu pula. Aliran ini selain dipengaruhi oleh karakteristik DAS dan juga sangat tergantung

pada karakteristik hujan yang jatuh. Karakteristik hujan meliputi tebal hujan, intensitas dan durasi hujan, sedang karakteristik DAS meliputi topografi, geologi, geomorfologi, tanah, penutup lahan/vegetasi, dan pengelolaan lahan serta morfometri DAS.

Sebagaimana diketahui, hujan yang jatuh tidak semuanya akan menjadi limpasan. Sebagian air hujan akan mengalami

infiltrasi ke dalam tanah, sebagian terintersepsi oleh tanaman dan evapotranspirasi ke udara. Dengan demikian jelas bahwa persentase hujan yang menjadi limpasan tergantung pada berbagai faktor. Bagian air hujan yang menimpa tajuk pohon, akan membasahi daun dan mengalir ke batang pohon. Sisa air hujan yang langsung jatuh ke permukaan tanah disebut tembusan (*throughfall*), sedang bagian air yang kemudian menetes dari dedaunan dan batang yang disebut *crowndrip*, yang mengalir lewat sepanjang batang ke permukaan tanah disebut aliran batang (*stemflow*) (Anderson *et al.*, 1976).

Banyaknya air yang tidak langsung dapat mencapai permukaan tanah tergantung pada karakteristik tanaman penutup. Karakteristik ini meliputi bentuk dan ukuran daun, bentuk dan kerapatan tajuk, kekasaran kulit batang dan kelurusan batang pohon. Air yang dapat mencapai permukaan tanah masih terbagi bagi lagi, sebagian meresap ke dalam tanah dan sebagian akan mengisi ledok ledok permukaan tanah (*depression storage*), dan sisanya akan mengalir sebagai limpasan (*runoff*). Banyaknya air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada sifat sifat fisik tanah terutama tekstur dan stuktur tanah, keadaan topografi permukaan dan keadaan relief mikro permukaan tanah. Dalam proses hidrologi mulai hujan hingga menjadi limpasan, akan selalu terjadi penguapan. Besarnya penguapan ini tergantung pada keadaan penutup lahan, keadaan cuaca dan sifat sifat meteorologis daerah kajian.

Pengalihragaman hujan menjadi limpasan pada suatu DAS sering diterangkan dengan cara pemodelan. Pemodelan adalah suatu cara/penyederhanaan untuk menerangkan proses rumit alami ke dalam gambar atau bahasa matematika agar

mudah dipahami berdasarkan kaidah kaidah yang berlaku. Menurut pengertian umum lainnya, model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks.

Dalam pemilihan model hidrologi banyak faktor yang dijadikan pertimbangan, seperti misalnya karakteristik data masukan (data hujan). Sifat-sifat hujan yang jatuh akan mempengaruhi karakteristik keluaran. Oleh karena itu dipandang sangat penting untuk mengkaji karakteristik hujan suatu daerah, sehingga pemilihan model hidrologi yang tepat dapat dilakukan.

Salah satu DAS yang selama ini banyak dikaji adalah DAS Bengawan Solo Hulu. DAS ini merupakan salah satu daerah tangkapan Waduk Gadjahmungkur yang termasuk dalam kategori DAS 'sangat kritis'. Sungai-sungai yang masuk ke waduk ini, diketahui banyak mengandung muatan sedimen (DPU, 1982; Hadi, 2003), sehingga diperkirakan akan mengganggu operasi bendungan. Dengan melakukan kajian yang mendalam mengenai proses hidrologi, erosi dan sedimentasi pada sub-sub DAS ini, maka diharapkan pengendalian banjir, erosi dan sedimentasi dapat dilakukan dengan baik.

Pemodelan matematis pada dasarnya dapat dibagi dua yakni deterministik (bersifat pasti) dan stokastik (bersifat tidak pasti). Dalam kelompok pemodelan hidrologi deterministik ada kategori pengelompokan antara pemodelan terdistribusi dan pemodelan *lumped*. Pemodelan *lumped* telah lama dikembangkan, dan banyak dipakai untuk berbagai aplikasi perhitungan hidrologis. Salah satu pemodelan *lumped* yang terkenal adalah rumus rasional, yang digunakan untuk memprediksi debit puncak (Kuichling, 1889 dalam Viesmann, 1989). Pemodelan

terdistribusi (*distributed modelling*) berkembang kemudian, sejalan dengan kemajuan teknologi komputasi, yakni ditemukannya komputer yang mampu melakukan perhitungan-perhitungan rumit.

Sebagaimana diketahui bahwa paradigma pengelolaan sumberdaya air untuk masa kini telah diarahkan ke hal-hal sebagai berikut (James dan Burges, 1982), yaitu: 1) dari pengendali banjir dan penyediaan sumber air menjadi pengendalian kualitas air dan perlindungan lingkungan sungai, 2) dari upaya pengendalian dengan bangunan air menjadi pendekatan non bangunan fisik, 3) dari pemanfaatan data hidrologi secara terbatas menjadi untuk umum, 4) dari cara-cara pendugaan secara deterministik menjadi cara stokastik. Pada saat sekarang, adanya keunggulan teknologi komputasi dan pemahaman distribusi keruangan mengenai fenomena hidrologi memberikan pengaruh pada makin baiknya metode pendugaan aliran untuk berbagai kepentingan pengelolaan sumberdaya air.

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hujan

### **METODE PENELITIAN**

Penyebaran hujan pada suatu daerah dapat dipantau dengan pemasangan sukat hujan (*rain gauge*) yang tersebar mewakili daerah yang dikaji. Sebaran hujan mempunyai karakteristik tertentu, yaitu cenderung mempunyai sebaran yang mengelompok (*clustered*). Oleh karena itu kajian mengenai sebaran hujan tergantung pada luasan daerah, makin sempit daerah kajian makin homogen sebaran hujannya.

Berdasarkan analisis korelasi antara koefisien korelasi hujan harian antar setasiun dengan jarak antar setasiun pada

DAS Bengawan Solo Hulu, diketahui bahwa pengaruh hujan (*rain storm diameter*) yang cukup signifikan berkisar antara 2,5 - 4 km (Hadi, 1989). Dalam penelitian tersebut diasumsikan bahwa tebal hujan harian (*daily rainfall*) mempunyai korelasi yang tinggi dengan tebal hujan sesaat. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam satu hari umumnya ada satu hujan sesaat. Tetapi tidak menutup kemungkinan dalam sehari terjadi lebih dari satu kejadian hujan sesaat. Hal ini tergantung pada karakteristik klimatologis daerah kajian. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap sifat sifat hujan dalam skala yang lebih rinci.

Data hujan meliputi data hujan sesaat dalam bentuk catatan terusan (*continuous record*) dan data hujan harian. Data hujan sesaat didapatkan dari pluviograf (sukat hujan otomatis), perekam data (*data logger*) dan pengukuran manual yang dicatat dengan interval waktu 5 menit. Data hujan harian didapatkan dari sukat hujan manual yang diukur dan dicatat setiap hari.

Selain data hujan yang dikumpulkan dengan ketiga cara sebagaimana disebutkan di atas, data hujan harian dan bulanan hasil pencatatan Badan Meteorologi dan Geofisika - BMG juga digunakan dalam penelitian ini. Data hujan harian dan bulanan ini dikumpulkan dari setasiun hujan di luar daerah penelitian. Data ini digunakan untuk mengetahui sebaran hujan secara lebih luas hingga jangkauan sampai di luar daerah penelitian. Kegunaannya adalah untuk mengetahui apakah kejadian hujan di daerah penelitian merupakan hujan lokal atau hujan yang merata pada suatu kawasan yang lebih luas. Selain itu data hujan bulanan dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan secara umum pada kawasan ini.

Hujan harian maksimum rancangan dianalisis berdasarkan metode Gumbel tipe I. Data hujan harian maksimum dikumpulkan dari 23 setasiun hujan yang ada di sekitar daerah penelitian. Setasiun-setasiun hujan ini dikelola oleh berbagai instansi seperti BMG, Dinas Pertanian dan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Wonogiri dan Kabupaten Pacitan. Lama pencatatan hujan yang digunakan bervariasi antara 10 – 15 tahun. Variasi ini disebabkan karena adanya kerusakan alat pada setasiun hujan tertentu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan hujan di daerah penelitian dianalisis berdasarkan data hujan yang dikumpulkan dari beberapa sukat hujan yang dipasang pada daerah penelitian. Pengujian lapangan dan perbandingan besarnya pencatatan oleh petugas lapangan dengan hasil pencatatan otomatis yang ada, merupakan upaya untuk menguji validitas data. Bila diketahui hasil pencatatan hujan menunjukkan penyimpangan yang terlalu mencolok (lebih dari 30%) dengan data pencatatan lain di sekitarnya, maka hasil pencatatan tersebut perlu dikalibrasi atau bahkan tidak digunakan sama sekali dalam analisis. Dengan cara demikian, data yang dikumpulkan di lapangan sekecil mungkin terbebas dari kesalahan pembacaan data. Pertimbangan teknis dalam pengumpulan data, termasuk keadaan lingkungan dimana data hujan dikumpulkan juga diperhatikan dan dievaluasi. Sebagai contoh, sukat hujan harus diletakan pada lokasi yang tidak memungkinkan terganggunya curahan hujan yang jatuh ke dalam sukat hujan.

### Korelasi hujan antar setasiun

Pada dasarnya hujan yang jatuh dan tercatat pada suatu sukat hujan mempunyai keseragaman dengan hujan yang tercatat

pada sukat hujan di dekatnya, baik saat jatuhnya (waktu) maupun keintensitasannya. Dalam keseharian sering dilihat fenomena yang menarik tentang kejadian hujan. Pada awal kejadiannya, sering hujan terjadi seolah-olah bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain. Kemudian secara berangsur hujan menjadi merata dengan persebaran yang lebih luas. Fenomena kejadian hujan tersebut dengan serta merta dikaitkan dengan awan penyebabnya. Kalau sebaran awan merata, maka dapat diduga hujan akan jatuh secara merata, demikian pula sebaliknya. Selain faktor awan, faktor angin (kecepatan dan arah) sedikit banyak juga mempengaruhi sebaran hujan. Faktor kelembaban udara, temperatur udara, dan masih ada beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi terjadinya hujan.

Pada daerah perbukitan atau bahkan pegunungan, faktor topografi dapat menyebabkan perbedaan intensitas hujan antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Perbedaan intensitas hujan ini dapat disebabkan adanya pengaruh hujan orografis. Hujan ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara dan temperatur udara yang mencolok antara tempat yang rendah dengan tempat yang tinggi pada kawasan pegunungan. Selain faktor perbedaan temperatur dan tekanan udara ini, juga dipengaruhi oleh arah angin yang membawa kandungan uap air.

Bila kajian hujan ditinjau berdasarkan interval waktu yang pendek, maka sebaran hujan secara keruangan juga akan memberikan variasi yang besar. Demikian pula bila waktunya panjang, misal hujan harian, maka variasi sebarannya akan menjadi lebih kecil. Untuk menggambarkan keadaan tersebut maka dilakukan analisis

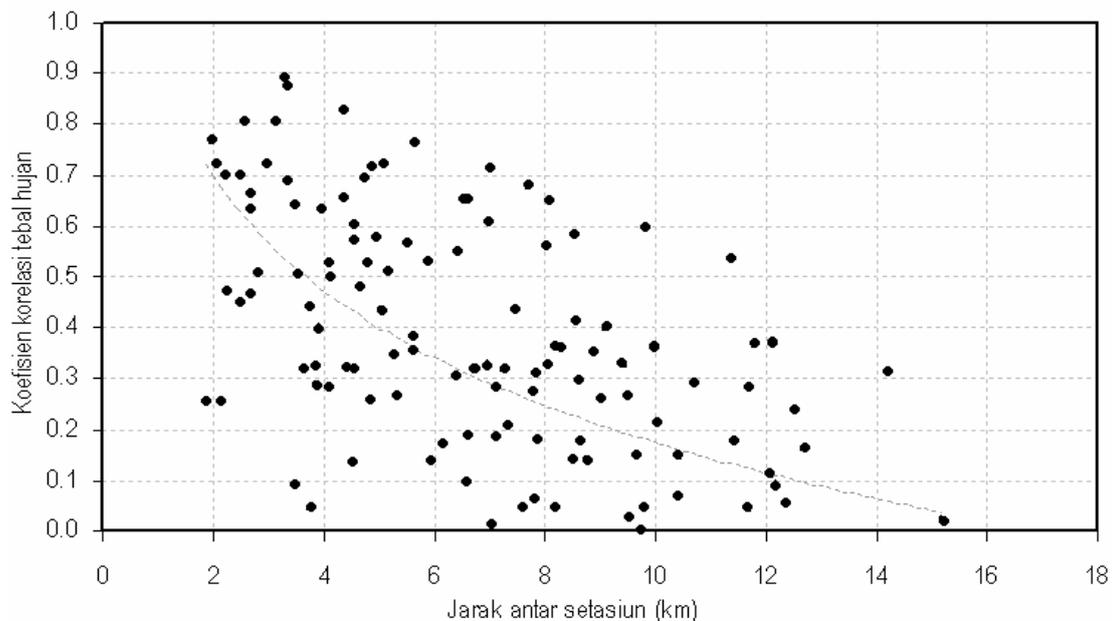
dengan membuat diagram pencar (*scatter diagram*) antara jarak setasiun hujan dengan koefisien korelasi hujan antar setasiun. Pada Gambar 1 disajikan diagram pencar untuk data hujan lima menit, sementara pada Gambar 2 adalah diagram pencar untuk data hujan harian.

Nilai koefisien korelasi pada suatu jarak tertentu dapat menjadi nol atau bahkan negatif. Hal ini menandakan bahwa kejadian hujan yang tercatat pada setasiun-setasiun dengan jarak tersebut tidak menunjukkan keterkaitan. Untuk periode 5 menit, analisis hubungan antara jarak dan koefisien korelasi dilakukan terhadap 15 kejadian hujan yang tercatat pada semua sukat hujan. Lama hujan pada 15 kejadian hujan yang dianalisis tidak sama. Pada Gambar 1 terlihat bahwa untuk periode pencatatan yang lebih pendek nilai korelasinya ( $r$ ) cenderung lebih kecil bila dibandingkan nilai  $r$  pada periode pencatatan harian (Gambar 2). Secara

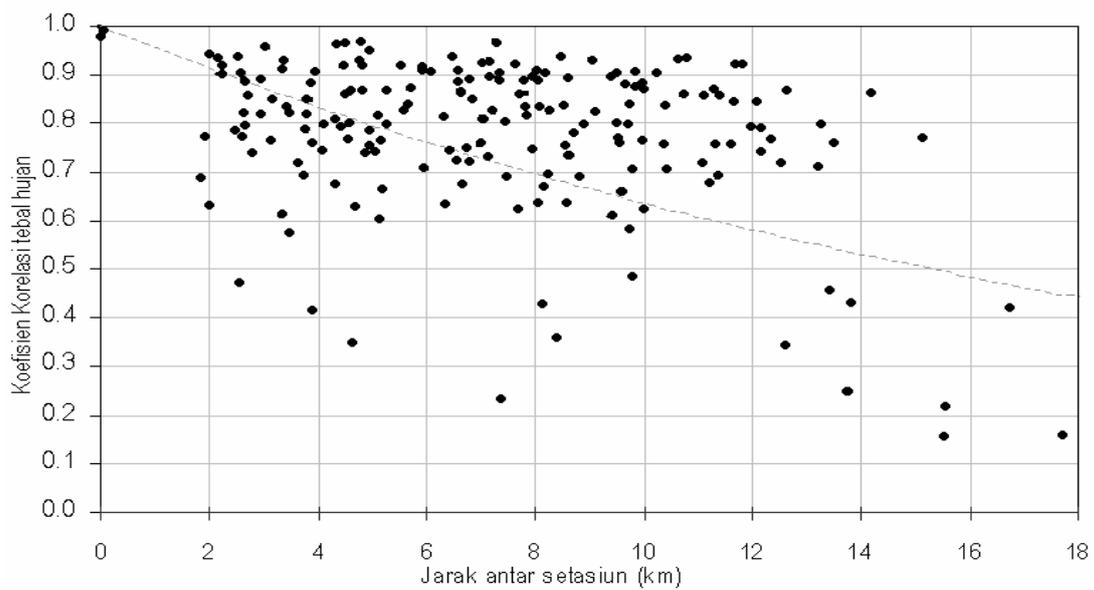
statistik hubungan antara kejadian hujan yang tercatat pada satu setasiun dengan setasiun lainnya dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien korelasi. Dalam penelitian ini pasangan data hujan harian yang dianalisis adalah sebanyak 82 ( $n = 82$ ) kejadian hujan yang tercatat antara tahun 1992-1994. Untuk data sejumlah ini, nilai  $r$  kritis untuk tingkat signifikan 5% adalah 0,217. Pada Gambar 2, bila nilai  $r < 0,4$  diabaikan dan dianggap sebagai gangguan (*noise*), maka hubungan antara jarak dengan nilai  $r$  ini juga masih menunjukkan kecenderungan makin jauh jarak, makin rendah nilai  $r$ .

### Sebaran Keruangan Hujan

Sebaran hujan di daerah penelitian dapat diketahui dengan melakukan analisis keruangan terhadap data hujan yang dikumpulkan. Untuk menggambarkan sebaran hujan secara keruangan, dilakukan pemetaan ketebalan hujan untuk periode 5 menit atau dapat pula dengan pemetaan



Gambar 1. Hubungan Antara Jarak Antar Setasiun Hujan dengan Koefisien Korelasi Hujan antar Setasiun Periode Hujan 5 Menit Beberapa Kejadian Hujan.



Gambar 2. Hubungan Antara Jarak Antar Setasiun Hujan dengan Koefisien Korelasi Hujan Harian Antar Setasiun Beberapa Kejadian Hujan.

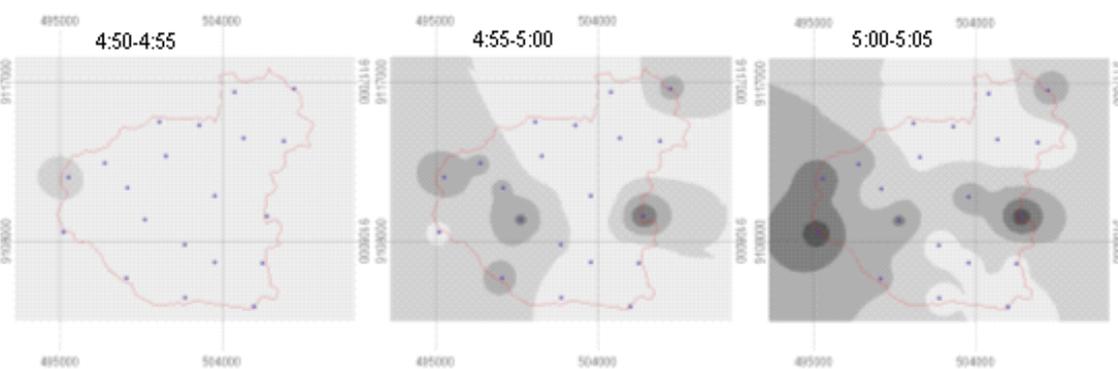
intensitas hujan. Analisis sebaran hujan di daerah penelitian digunakan data hujan dari 20 setasiun hujan dengan interval pencatatan 5 menit. Terhadap data hujan ini dilakukan interpolasi keruangan dengan menggunakan metode Kriging, dengan menggunakan faktor penimbang  $d_0$  = nilai berian (*default*).

Pada Tabel 1 disajikan contoh data hujan interval 5 menit pada 20 setasiun hujan untuk kejadian tanggal 2 Februari 1993. Berdasarkan Tabel 1 tersebut dapat dibuat peta sebaran hujan untuk setiap periode hujan 5 menit (Gambar 3). Sebaran hujan ini mempunyai tingkat

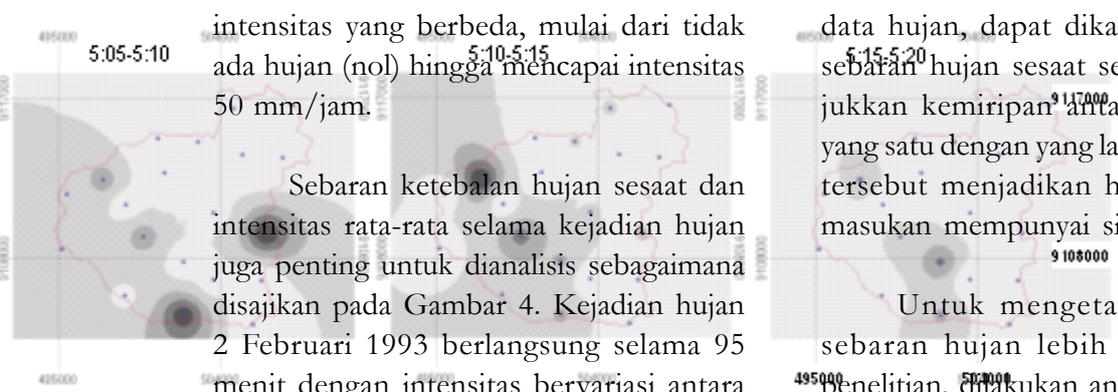
Tabel 1. Sebaran Hujan Tanggal 2 Februari 1993 Interval 5 Menitan

No. Sukat Hujan	Nama Setasiun	Waktu (mulai hujan 4:40), tebal hujan dalam mm																Total (mm)						
		4:45	4:50	4:55	5:00	5:05	5:10	5:15	5:20	5:25	5:30	5:35	5:40	5:45	5:50	5:55	6:00		6:05	6:10	6:15			
1	Gedongrejo	0,0	0,0	6,3	6,3	5,0	6,7	2,5	2,9	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,9
2	Njeliru	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,1	1,3	5,4	3,3	1,3	1,7	0,8	0,4	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5
3	Karangtengah	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	0,0	6,3	3,3	2,1	0,8	0,4	2,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	18,3
4	Sendangsari	0,0	0,0	0,0	1,7	0,4	0,0	0,0	1,3	2,9	1,7	0,0	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
5	Butuh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	2,9	1,7	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
8	Nglanjep	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,8	5,0	4,2	1,3	1,3	0,4	2,1	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	16,7
11	Ploso	0,0	0,0	0,0	1,7	0,4	0,4	1,3	2,9	1,7	2,9	7,1	2,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1
12	Ngancar	0,0	2,9	5,0	7,1	2,1	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	18,3	
13	Glonggong	0,0	1,7	1,7	8,8	2,9	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	19,6
14	Belah	0,4	0,4	4,6	4,2	1,7	2,1	0,4	0,4	0,8	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8
15	Ngelo	0,4	0,0	0,0	1,7	0,8	0,4	0,0	0,4	1,7	0,8	5,8	5,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9
16	Pagarsengon	0,0	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	7,9	
17	Tenggar	0,0	0,8	7,5	8,8	9,6	2,1	0,8	0,0	1,7	6,3	0,8	0,8	0,4	2,1	0,8	0,8	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	43,8
18	Suden	0,0	0,4	0,0	5,0	1,3	2,1	0,4	0,0	4,6	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3
19	Duren	0,0	0,0	4,2	5,0	5,0	10	4,2	3,8	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8
20	Geneng	0,0	0,8	0,4	0,4	0,4	2,1	0,4	5,8	3,3	1,7	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3
21	Jeblokan	0,0	0,8	4,6	5,0	0,8	0,4	0,0	6,3	2,1	0,4	0,8	4,2	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7
22	Pagergunung	0,0	0,0	4,2	2,1	0,8	0,4	0,4	2,1	10	2,5	4,2	0,8	0,4	0,0	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,9
23	Nglaban	0,0	0,0	2,1	0,8	0,4	4,2	6,3	4,2	0,8	1,7	0,8	0,4	0,4	0,8	2,1	1,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1
24	Nglarangan	0,0	0,0	0,8	1,7	9,2	4,2	4,2	3,3	2,1	0,8	0,4	0,0	0,4	2,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0

Sumber: Data Primer



ulai Jam 4:50

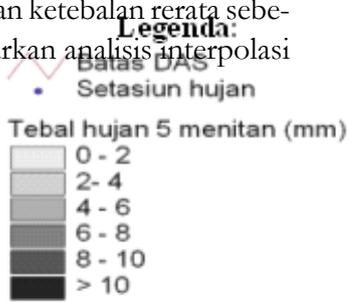


intensitas yang berbeda, mulai dari tidak ada hujan (nol) hingga mencapai intensitas 50 mm/jam.

Sebaran ketebalan hujan sesaat dan intensitas rata-rata selama kejadian hujan juga penting untuk dianalisis sebagaimana disajikan pada Gambar 4. Kejadian hujan 2 Februari 1993 berlangsung selama 95 menit dengan intensitas bervariasi antara 5-29 mm/jam dengan ketebalan rata-rata sebesar 22 mm. Berdasarkan analisis interpolasi

data hujan, dapat dikatakan bahwa pola sebaran hujan sesaat selalu tidak menunjukkan kemiripan antara kejadian hujan yang satu dengan yang lain. Keadaan seperti tersebut menjadikan hujan sebagai data masukan mempunyai sifat ketidakpastian.

Untuk mengetahui karakteristik sebaran hujan lebih lanjut di daerah penelitian, dilakukan analisis korelasi tebal hujan pada lokasi sampel yang dipilih dengan hujan hasil interpolasi pada lokasi



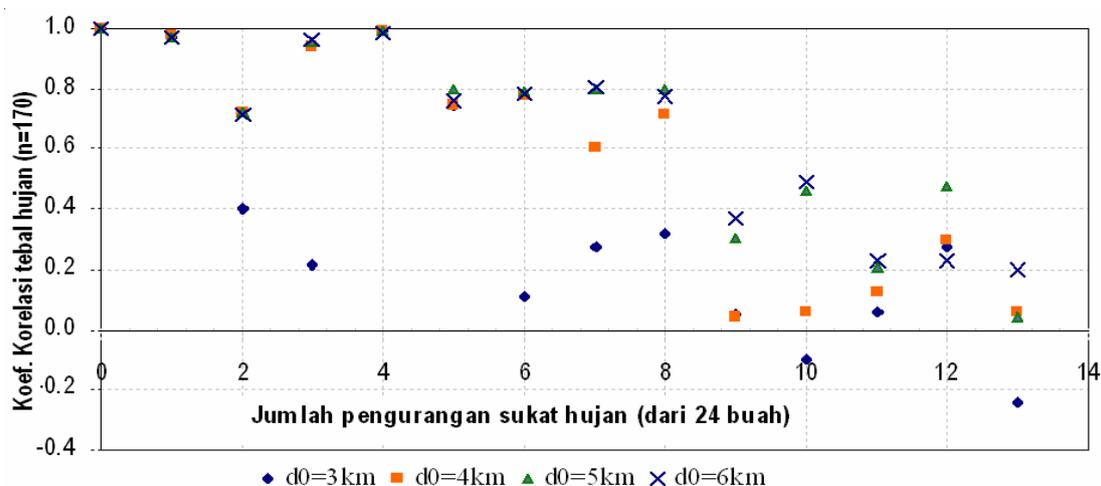


yang sama. Analisis ini dilakukan untuk masing-masing periode hujan, sebagaimana disebutkan di atas. Pertama, dengan melakukan interpolasi dengan metode kriging terhadap 20 setasiun hujan. Peta yang dihasilkan digunakan sebagai peta acuan. Pada peta acuan ini, ditentukan titik contoh, yakni dengan membaca nilai hujan pada grid yang dibuat pada jarak 1 km. Titik-titik yang dipilih masuk wilayah DAS Bengawan Solo Hulu atau sekitarnya. Penentuan jarak grid satu kilometer didasarkan pada analisis sebelumnya yang dilakukan oleh Hadi (1989), yakni analisis hubungan antara jarak antarsetasiun dengan koefisien korelasi hujan antarsetasiun. Pada jarak tersebut, nilai koefisien korelasi ( $r$ ) hujan antar-setasiun menunjukkan  $> 0,8$ .

Dari hasil tumpangsusun antara peta acuan dengan peta hujan hasil interpolasi dari titik setasiun yang telah dikurangi, dari 20 setasiun menjadi 19, 18, dan seterusnya mendapatkan pasangan data nilai hujan antar setasiun. Berdasarkan pasangan data ini dilakukan analisis korelasi, yang kemudian diplotkan sebagaimana disajikan pada Gambar 6. Dalam analisis, diterapkan bebe-

rapa metode interpolasi yakni dengan mengubah tetapan  $d$  (jejari jangkauan hujan) yakni 3, 4, 5 dan 6 km.

Dari gambar tersebut dapat dikatakan bahwa terdapat kecenderungan perbedaan sebaran titik-titik pada setiap periode hujan maupun metode interpolasi. Namun kesemuanya menunjukkan kecenderungan makin banyak jumlah setasiun yang dikurangi, makin kecil nilai koefisien korelasinya. Hal ini dapat diartikan bahwa jumlah setasiun hujan dalam suatu kawasan DAS mempunyai nilai optimum. Nilai optimum ini dapat diartikan bahwa jumlah setasiunnya tidak berlebih, namun masih dapat digunakan untuk kepentingan analisis dengan cara interpolasi. Berdasarkan tabel angka kritis nilai  $r$  (Kolstoe, 1973 dalam Hadi, 1994) untuk jumlah data 170 (jumlah titik sampel dengan grid 1 km untuk luas DAS 160-an km<sup>2</sup>), angka kritis pada derajat signifikan 5% adalah 0,15. Hal ini dapat diartikan jumlah pengurangan setasiun untuk daerah penelitian berkisar antara 8-14 setasiun hujan dari total 24 setasiun (Gambar 6). Pengurangan jumlah sukat hujan dalam jumlah tertentu dapat memberikan

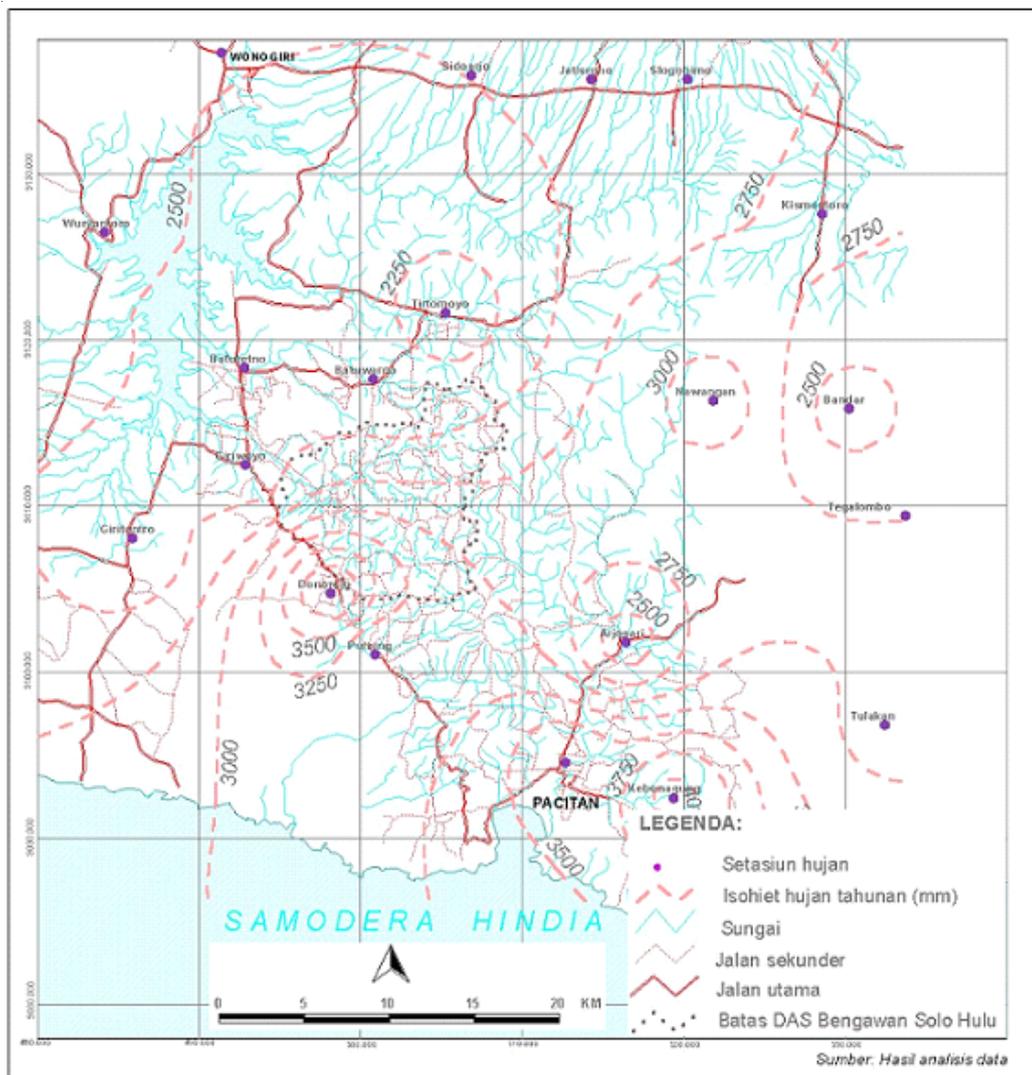


Gambar 6. Hubungan Antara Pengurangan Jumlah Sukat Dengan Koefisien R Tebal Hujan Tanggal 2-2-1993

implikasi pada pengurangan biaya operasional dalam pengumpulan data hujan. Bila luas daerah penelitian 160-an km<sup>2</sup>, maka kebutuhan sukat hujan untuk pengumpulan data hujan periode lima menitan adalah sekitar 12 buah. Hal ini dapat dikatakan satu sukat hujan dapat mewakili luasan 13 km<sup>2</sup>.

Selain gambaran sebaran hujan periode pendek sebagaimana diuraikan di atas, juga dilakukan pemetaan sebaran hujan tahunan. Berdasarkan data hujan tahunan rerata dari 22 setasiun hujan yang

berada di sekitar daerah penelitian, dilakukan interpolasi dan klasifikasi seperti disajikan pada Gambar 7. Dari peta sebaran hujan rerata tahunan paling tidak dapat dikatakan adanya kecenderungan bahwa pada wilayah di selatan DAS Bengawan Solo Hulu mulai dari Donorojo, Punung, Pacitan dan Kebonagung mempunyai hujan yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang lain. Nilai hujan rerata tahunan mencapai lebih dari 3250 mm/tahun. Pada bagian tengah wilayah kajian cenderung merupakan daerah bayangan hujan dengan ketebalan hujan



Gambar 7. Sebaran Hujan Tahunan Daerah Penelitian

2500 mm/tahun yang meliputi daerah-daerah Giritontro, Baturetno, Batuwarno, Tirtomoyo dan Slogohimo. Pola sebaran hujan tahunan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh adanya angin yang datang dari arah Samodera Hindia. Angin ini membawa kelembaban yang cukup tinggi dan jatuh sebagai hujan pada kawasan pegunungan selatan yang diduga merupakan hujan orografis.

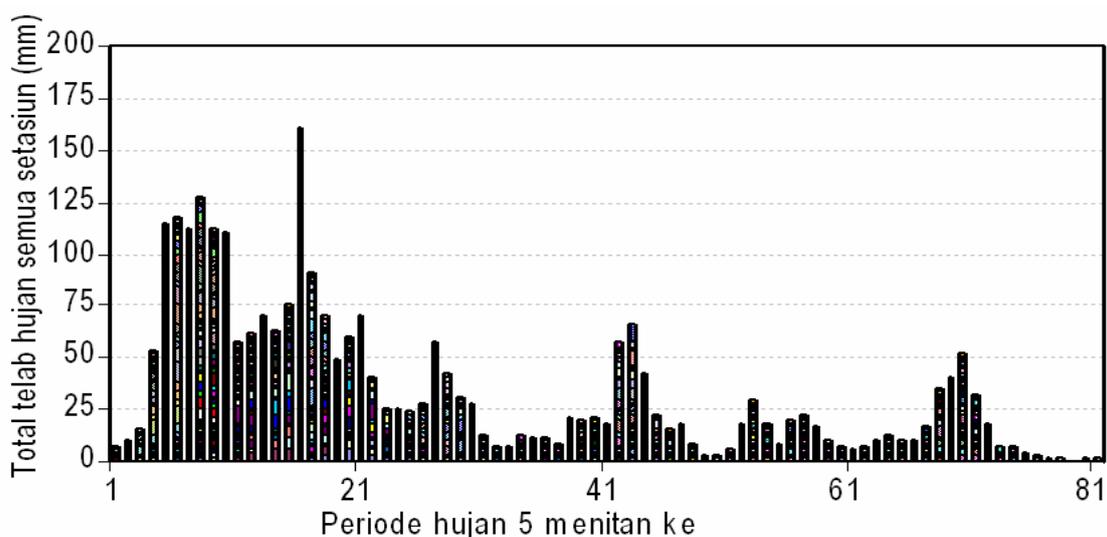
### Sebaran Hujan Menurut Waktu

Sebaran hujan menurut waktu dianalisis berdasarkan kejadian hujan sesaat (*storm*) yang terjadi di daerah penelitian. Pencatatan mulainya hujan ditentukan bila minimal salah satu sukat hujan telah mencatat terjadinya hujan, dan dengan serta merta diikuti oleh sukat hujan lainnya. Bila ternyata pada periode berikutnya tidak diikuti turunnya hujan yang tercatat pada sukat hujan lainnya, maka kejadian hujan tersebut tidak dipakai dalam analisis. Dari sebaran hujan lima menitan untuk beberapa kejadian hujan di daerah penelitian, dapat memberikan gambaran bahwa hujan dengan intensitas tinggi (> 30 mm/jam) umumnya jatuh antara menit ke

20 sampai 125 (periode lima menitan ke 4 sampai ke 25), seperti dilihat pada Gambar 8, sedang pada menit-menit berikutnya intensitas hujan yang jatuh relatif lebih rendah dibandingkan pada awal terjadinya hujan. Lamanya hujan di daerah penelitian bervariasi antara 15 menit hingga 4 jam.

### Karakteristik Sebaran Hujan

Karakteristik sebaran hujan selain ditentukan berdasarkan waktu dan ruang, juga dapat dinilai berdasarkan pola sebaran hujan, parameter statistik, dan hujan rencana. Pola sebaran hujan paling tidak dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu acak (*random*), seragam (*uniform*) dan mengelompok (*clustered*). Pengujian sebaran hujan ini dapat dilakukan berdasarkan distribusi binomial dan distribusi Poisson. Distribusi binomial digunakan bila jumlah titik sampelnya sedikit ( $N < 30$ ), sedang untuk kasus di daerah penelitian, titik sampel diambil sebanyak 170 titik dengan menggunakan sistem grid dengan jarak 1 km. Sebaran hujan lima menitan didapatkan dari hasil interpolasi 20 sukat hujan. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan metode Kriging dengan faktor jarak  $d_0 = 3000$  meter.



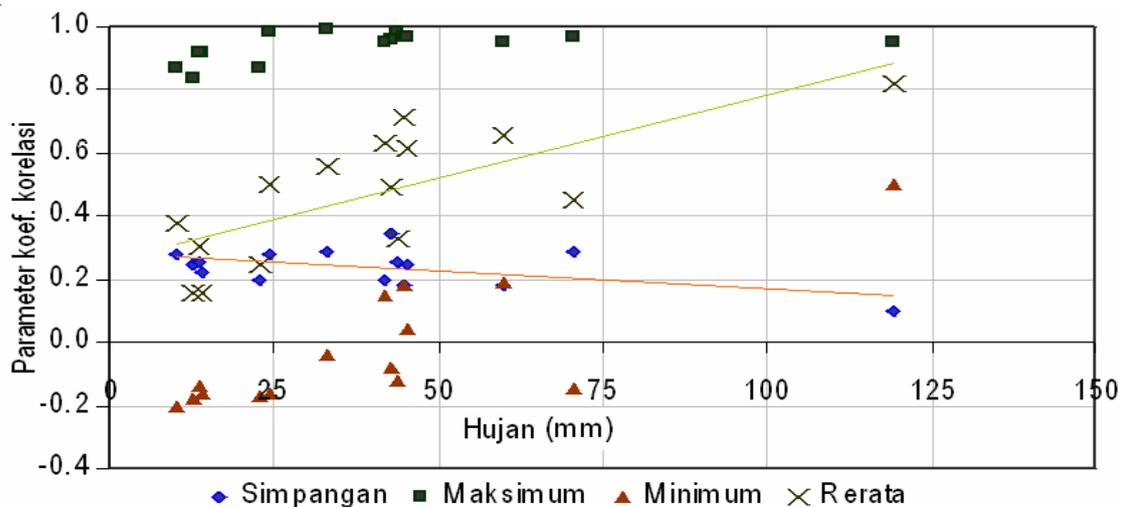
Gambar 8. Sebaran Hujan Lima Menitan Untuk Beberapa Kejadian Hujan

Selanjutnya dilakukan pengujian apakah hasil perhitungan distribusi peluang Poisson ada kedekatan dengan data hasil interpolasi. Bila tingkat kedekatannya rendah (mendekati nol atau tak berhingga [ $\gg 0$  atau  $\ll 1$ ]), yang ditunjukkan oleh indeks varian dibagi nilai rerata distribusinya ( $S_x^2/\bar{x}$ ) maka dapat disimpulkan pola sebaran hujannya adalah seragam atau mengelompok. Sebaliknya bila nilai indeksnya mendekati 1, maka pola sebarannya dapat dikatakan acak (*random*). Perbedaan pola seragam dan mengelompok tidak dibahas dalam penelitian ini.

Dari beberapa kejadian hujan di daerah penelitian, hanya ada beberapa periode saja yang dapat dikategorikan mempunyai pola sebaran acak pada derajat signifikansi 0,05. Sisanya tidak menunjukkan pola sebaran acak, namun juga tidak menunjukkan pola seragam maupun mengelompok. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa dalam suatu periode hujan sesaat, hanya ada beberapa penggal periode lima menitan saja yang dapat dikategorikan

mempunyai sebaran yang acak (17,5%). Beberapa kejadian hujan, bila yang dianalisis adalah nilai total hujan, menunjukkan pola sebaran seragam (*uniform*).

Hubungan antara parameter statistik koefisien korelasi hujan antarsetasiun beberapa kejadian hujan dengan hujan maksimum yang terjadi suatu setasiun dapat ditunjukkan pada Gambar 9. Berdasarkan gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa makin besar hujan maksimum yang terjadi maka ada kendenderungan semakin kecil nilai simpangan koefisien korelasi hujan antar setasiun meskipun dengan koefisien determinasi relatif kecil ( $R^2 = 28,5\%$ ), sementara nilai rerata koefisien korelasinya cenderung semakin besar ( $R^2 = 53,5\%$ ). Nilai minimum koefisien korelasi terhadap hujan maksimum menunjukkan korelasi yang cukup signifikan ( $R^2 = 65,2\%$ ). Hal ini menguatkan bukti bahwa makin lama durasi pengukuran hujan (jam-jaman, harian, hingga bulanan) yang berakibat meningkatnya total tebal hujan terukur, sehingga semakin kecil variabilitas sebaran hujannya.



Gambar 9. Hubungan Antara Hujan Sesaat Maksimum Dengan Parameter Korelasi Untuk Beberapa Setasiun Hujan Di Daerah Penelitian

Berdasarkan beberapa kajian karakteristik hujan sebagaimana dilakukan tersebut di atas, maka ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian berkenaan dengan penerapan hujan sebagai data masukan dalam pemodelan hidrologi. Dari sifat sebaran hujan yang tidak merata maka perlu berhati-hati dalam menerapkan atau memilih suatu model hidrologi tertentu. Asumsi yang sering diberikan dalam suatu pemodelan hidrologi adalah bahwa hujan yang jatuh pada suatu DAS (sistem sungai) adalah merata sebarannya, kenyataannya tidaklah demikian. Dengan demikian, dalam pemodelan hidrologi juga harus memperhatikan luasan DAS sebagai satuan analisisnya.

## KESIMPULAN

1. Jumlah sukat hujan yang diperlukan dalam suatu DAS tergantung pada kerincian data hujan yang dikumpulkan. Makin rinci data hujan yang dikumpulkan (5 menitan dibanding harian), makin banyak sukat yang diperlukan.
2. Luas cakupan setasiun hujan untuk mengumpulkan data periode 5 menitan adalah  $13 \text{ km}^2$ .
3. Hujan lima menitan dengan intensitas  $>30 \text{ mm/jam}$  umumnya jatuh pada menit ke 20 hingga 125 dari suatu periode hujan.

4. Dari beberapa kejadian hujan di daerah penelitian, 17.5% mempunyai pola sebaran acak pada derajat signifikansi 0,05. Sisanya juga tidak menunjukkan pola seragam maupun mengelompok.
5. Terdapat hubungan yang signifikan ( $R^2 = 65.2\%$ ) antara hujan maksimum harian dengan nilai minimum koefisien korelasi hujan antar setasiun.
6. Dalam memilih model hidrologi hendaknya memperhatikan luas DAS yang digunakan sebagai unit analisis terkecilnya sesuai dengan karakteristik hujan pada daerah yang bersangkutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada segenap anggota Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air, Jurusan Geografi Fisik, Fakultas Geografi UGM atas dukungannya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sebagian data yang dikumpulkan penulis dalam rangka penelitian disertasinya, untuk itu diucapkan terima kasih kepada beberapa asisten yang membantu pengumpulan data lapangan yakni Dra. Suhandari, Drs. Rahardyan Nugroho, dan Drs. Iwan Setyawan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, H.W., M.D. Hover, K.G. Reinhart, 1976, Forest and Water: Effect of Forest Management on Floods, Sedimentation and Watersupply, USDA, Forest Service, *General Technical Report PSW 18/1976*.
- Doorenbos, J., 1973, Agro climatological Field Station, FAO Irrigation and Drainage, *Paper No. 27*, FAO, Rome.
- DPU, 1982, Pengukuran, Perencanaan dan Penelitian Erosi/Sedimentasi di Catchment Area Waduk Wonogiri, *Laporan Penelitian*, Sub Dit Hidrologi, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum.

- Hadi, M.P., 1989, The Hydrological Study of the Upper Bengawan Solo Catchment, Indonesia; A Contribution to the Hydrological Modelling, Water Resources Management and Development Planning, *Thesis*, ITC, Enschede.
- \_\_\_\_\_, 1994, Analisis Kriging Menggunakan SIG untuk Pemetaan Hujan Rencana di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Laporan Penelitian*, Fakultas Geografi UGM Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, 2003, Hubungan antara Hujan dan Limpasan Selama Hujan sebagai Fungsi Karakteristik DAS, Suatu Studi Kasus Pemodelan Hidrologi di DAS Bengawan Solo Hulu, Indonesia, *Disertasi* (tidak dipublikasikan), Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- James, L.D., S.J. Burges, 1982, Precipitation-Runoff Modelling Future directions, in: Applied Modelling in Catchment Hydrology, *Proceeding*, International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Missisipi State Univ., hal. 291-312.
- Viesmann, Jr.W., 1989, *Introduction to Hydrology*, Harper and Row Publ., New York.