

REPRESENTATIVENESS SATU SETASIUN HUJAN TERHADAP HUJAN RATA-RATA DAS

ADE IRAWAN

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi
Desa Seberang Pantai Kecamatan Kuantan Mudik Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau

Adetsda@yahoo.com

Abstrak

Hujan yang terjadi dalam suatu DAS merupakan besaran yang sangat penting dalam sistem DAS tersebut. Dalam penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir biasanya dibutuhkan hujan rata-rata DAS di seluruh daerah tangkapan yang bersangkutan. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan besaran koefisien reduksi (β) dilakukan analisis regresi terhadap koefisien dan konstanta dari masing-masing parameter yang digunakan dalam koefisien reduksi (β) yaitu, luas DAS (A), jumlah setasiun hujan (N) dan elevasi setasiun hujan (E) dengan menggunakan SPSS. Dari analisis yang dilakukan, pada tahap kalibrasi dengan menggunakan data hujan DAS dan hujan titik yang besar dari 40 mm sepanjang 10 tahun, kesalahan rata-rata antara hujan DAS acuan dengan hujan DAS yang diperoleh dari perkalian koefisien reduksi dalam penelitian ini (hujan DAS estimasi) yaitu sebesar 15,0099 mm, atau sekitar 28,0718 %. Sedangkan apa bila hasil hujan DAS dengan koefisien reduksi digunakan untuk memperkirakan hujan rancangan. Untuk kala ulang rendah (2 dan 5 tahun) kesalahan relatif terkecil di peroleh dari hujan DAS hasil koefisien reduksi dalam penelitian ini. Sementara untuk kala ulang tinggi (di atas 5 tahun), kesalahan relatif terkecil diperoleh dari hujan DAS hasil koefisien reduksi Haspers.

Kata kunci : hujan DAS, hujan rancangan, koefisien reduksi

Abstract

Rain that happened in one catchment area is a very important value of that catchment area system. In arranging a water utilizing plan and flood controlling plan usually used cathment rainfall in all those catch area. In this study, to obtaining reduction coefficient (β) measurement, the regression analysys was done to coefficientt and constant from each parameters in reduction coefficient (β), likes cathment area width (A), number of rainfall gauges (N), and rainfall gauges elevation (E) using SPSS program. From the analysis, phase of calibration was used cathment rainfall and point rainfall bigger than 40 mm in 10 yaer, the average of error between reference- cathment rainfall with resulted cathment rainfall from multiplying with it's reduction coefficient in the study (estimated- cathment rainfall) that is 15,0099 mm, or approximately 28,0718%. While, cathment rainfall result with its reduction coefficient was used for estimated design rainfall. For low return period (2 and 5 year) the smallest relative error was reached from this cathment rainfall product from reduction coefficient by the study. Meanwhile, for high return period (higher than 5 year), the smallest relative error was resulted from cathment rainfall Haspers's reduction coefficient.

Keywords : cathment rainfall, designed rainfall, reduction coefficient

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hujan yang terjadi dalam satu DAS merupakan besaran yang sangat penting dalam sistem DAS tersebut, karena hujan merupakan masukan utama kedalam suatu DAS. Oleh sebab itu pengukuran hujan harus dilakukan secermat mungkin. Dalam penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir biasanya diperlukan curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu setasiun tertentu. Curah hujan ini disebut dengan curah hujan wilayah atau daerah yang dinyatakan dalam mm..

Dalam praktek, memperkirakan hujan rata-rata DAS dengan teliti adalah tidak mudah, sejumlah masalah akan muncul, seperti informasi hujan yang diperoleh banyak mengandung ketidakteelitian (*inaccuracy*) dan ketidakpastian (*uncertainty*). Selain itu masalah utama yang sering dijumpai adalah keterbatasan jumlah setasiun hujan dalam satu DAS, sehingga untuk mendapatkan hujan rata-rata DAS yang teliti dan benar-benar dianggap bisa mewakili hujan rata-rata DAS akan menjadi sangat sulit. Untuk itu perlu dicari suatu besaran koefisien reduksi yang nantinya akan dikalikan dengan hujan yang terjadi di satu setasiun hujan tersebut untuk mendapatkan hujan rata-rata DAS.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung hujan rata-rata DAS apabila di DAS tersebut hanya terdapat satu setasiun hujan, serta melakukan kajian pola penyimpangan perhitungan hujan rata-rata DAS dengan satu setasiun hujan saja.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran perbedaan antara perhitungan hujan DAS dengan banyak setasiun hujan dengan hujan DAS yang hanya menggunakan satu setasiun hujan saja, serta memberikan alternatif untuk memperkirakan hujan rata-rata yang terjadi disuatu DAS yang hanya memiliki satu setasiun hujan saja

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hujan

Kedalaman dan lama hujan sangat bervariasi, tergantung pada letak geografi, cuaca, iklim dan waktu. Lama hujan adalah waktu yang dihitung dari awal kejadian hujan sampai hujan berakhir (Ponce,1989). Pada umumnya, hujan yang deras mempunyai durasi yang pendek, sebaliknya hujan yang tidak deras mempunyai durasi yang panjang. Kedalaman hujan per satuan waktu dapat dinyatakan dalam mm/jam yang dinyatakan sebagai intensitas hujan. Hujan kecil mempunyai intensitas $< 3\text{mm/jam}$, hujan sedang $3 - 10\text{mm/jam}$, dan hujan deras $> 10\text{mm/jam}$ (Ponce, 1989). Untuk intensitas curah hujan dan sifat curah hujan dapat dilihat pada tabel berikut (Suyono dan Takeda, 1977).

2.2 Hujan DAS

Untuk menentukan besarnya hujan rata-rata DAS atau sering dikatakan sebagai hujan DAS, dapat digunakan 3 cara, yaitu metode Aritmatik, Poligon Thissen dan cara

Isohyet. Masing-masing metode hitungan curah hujan DAS tersebut secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut (Rachmad Jayadi, 2000).

2.2.1 Metode Aritmatik

Curah hujan rata-rata DAS dapat ditentukan dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran untuk suatu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya setasiun pengukuran. Metode ini dapat dipakai pada daerah yang datar dengan jumlah setasiun hujan yang relatif banyak, dengan anggapan bahwa di DAS tersebut sifat curah hujannya adalah merata (*uniform*). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots(1)$$

dengan: \bar{P} = hujan rata-rata DAS,
 P_i = curah hujan pada setiap setasiun i ,
 n = banyaknya setasiun curah hujan.

2.2.2 Poligon Thiessen (*thiessen polygon*)

Cara ini mengandaikan bobot tertentu kepada masing – masing setasiun hujan sebagai fungsi jarak antara setasiun. Sebenarnya cara ini dianggap masih kurang tepat digunakan untuk daerah tropik karena masih diandaikan hujan merata dalam tiap poligon. Meskipun demikian cara ini dipandang lebih baik dari cara-cara yang ada saat ini (Sri Harto, 2000).

Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \alpha_i P_i \dots\dots\dots(2)$$

$$\alpha_i = \frac{L_i}{A} \dots\dots\dots(3)$$

dengan : \bar{P} = hujan rata-rata DAS (mm),
 P_i = hujan masing-masing setasiun (mm),
 α_i = koefisien Thiessen untuk setasiun i ,
 L_i = luas masing-masing poligon setasiun i (km²),
 A = luas total DAS (km²).

Metode ini cocok untuk menentukan hujan rata-rata dimana lokasi setasiun tidak banyak dan hujannya tidak merata (Rachmad Jayadi, 2000).

2.2.3 Metode Isohyet

Metode ini menggunakan pembagian DAS dengan garis-garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan curah hujan yang sama dengan curah hujan yang sama besar (isohyet). Curah hujan rata-rata dari daerah aliran sungai didapatkan dengan menjumlahkan perkalian antara curah hujan rata-rata diantara garis-garis isohyet dengan luas daerah yang dibatasi oleh garis batas DAS dan dua garis isohyet, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS (Rachmad jayadi, 2000). Berikut rumus hitungan hujan rata-rata DAS dengan menggunakan metode isohyet :

$$\bar{P} = \frac{A_1}{A_t} x \frac{(P_1 + P_2)}{2} + \frac{A_2}{A_t} x \frac{(P_2 + P_3)}{2} + \dots + \frac{A_n}{A_t} x \frac{(P_n + P_{n+1})}{2} \dots \dots \dots (4)$$

dengan: \bar{P} = hujan rata-rata DAS,
 P_1, \dots, P_n = besaran curah hujan pada setiap garis isohyet,
 A_t = luas total DAS ($A_1 + A_2 + \dots A_n$).

2.3 Koefisien Reduksi

Faktor reduksi hujan adalah suatu koefisien yang merupakan perbandingan antara hujan rata-rata DAS dengan hujan titik maksimum yang terjadi pada tempat dan waktu yang sama. Koefisien reduksi ini akan digunakan sebagai faktor untuk menentukan hujan rata-rata DAS (hujan DAS estimasi) pada DAS yang memiliki satu setasiun hujan, sehingga hasil perkalian antara hujan titik yang terjadi di satu setasiun hujan dengan koefisien reduksi tersebut adalah hujan rata-rata DAS estimasi yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya.

Dalam penelitian ini koefisien reduksi yang dicari adalah koefisien reduksi untuk mendapatkan hujan rata-rata DAS, untuk itu akan dilihat hubungan antara hujan yang terjadi (hujan yang terbaca dalam alat ukur hujan) dengan beberapa parameter atau faktor yang dapat mempengaruhi dalam hal perhitungan hujan DAS. Adapun parameter-parameter yang akan digunakan dalam peneliian ini adalah sebagai berikut.

2.3.1 Luas DAS

Luas DAS merupakan daerah di mana semua airnya mengalir kedalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas tofografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasar air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sri Harto, 1993).

Faktor luas DAS akan mempengaruhi dalam perhitungan hujan rata-rata DAS, karena hujan yang terjadi di daerah tropis seperti Indonesia memiliki variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi. Sehingga, dengan semakin luas DAS variabilitas ruang dan waktu yang terjadi dalam DAS tersebut juga semakin tinggi. Selain itu, dengan semakin luas DAS, pengaruh satu setasiun hujan yang ada dalam DAS tersebut juga akan semakin kecil.

Mengingat begitu besarnya pengaruh luasan DAS terhadap besaran hujan rata-rata DAS yang dihasilkan, maka akan dilihat hubungan antara luas DAS dalam mereduksi hujan titik untuk menghasilkan hujan rata-rata DAS. Sehingga nantinya diharapkan, jika dalam DAS hanya terdapat satu setasiun hujan saja, maka luasan DAS tersebut merupakan salah satu variabel atau parameter yang dapat digunakan untuk memperkirakan hujan DAS.

2.3.2 Jumlah Setasiun

Kerapatan jaringan pengukur hujan sangat diperlukan dalam analisis hidrologi, karena setasiun hujan ini akan mengurangi variabilitas besaran kejadian, atau mengurangi ketidakpastian dan meningkatkan pemahaman terhadap besaran hujan yang terukur

maupun terinterpolasi. Ketelitian data hujan yang diberikan masing-masing alat ukur hujan dan perbedaan jumlah setasiun yang digunakan dalam memperkirakan besar hujan yang terjadi dalam suatu DAS akan memberikan perbedaan dalam besaran hujan DAS yang didapatkan.

Semakin banyak setasiun hujan yang tersebar dalam DAS (dengan luas DAS yang sama) maka akan semakin kecil poligon atau daerah pengaruhnya, sehingga koefisien Thiessennya juga semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, semakin sedikit setasiun hujan (dengan luas DAS yang sama), maka akan semakin besar koefisien Thiessennya, yang sudah tentu akan mempengaruhi hasil perhitungan hujan rata-rata DAS. Dimana koefisien Thiessen ini merupakan perbandingan antara luasan poligon yang diwakili oleh masing-masing setasiun hujan yang tersebar pada DAS terhadap luas total DAS.

Dalam penelitian ini juga akan dilihat hubungan antara jumlah setasiun hujan dengan hujan DAS, tapi yang dilihat bukan besarnya kesalahan melainkan hubungan jumlah setasiun hujan dalam mereduksi hujan titik untuk mendapatkan hujan rata-rata DAS. Jumlah setasiun hujan yang akan digunakan tidak memperhatikan penyebarannya dalam DAS, tapi hanya memperhatikan faktor kerapatan jaringan sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh WMO (*World Meteorological Organisation*) khusus untuk daerah tropik seperti Indonesia diperlukan kerapatan minimum 100 -250 km² tiap satu stasiun hujan (Sri Harto, 1993).

2.3.3 Posisi atau elevasi Setasiun Hujan

Dengan kondisi Indonesia yang bergunung-gunung, maka curah hujan yang terjadi merupakan akibat orografik dan konvektif yaitu akibat adanya rintangan topografi yang menyebabkan udara naik ke puncak gunung atau dataran tinggi dan menghasilkan panas, sehingga uap air yang dibawa akan mengembang dan secara dinamik menjadi dingin terus dan berkondensasi dan jatuh sebagai hujan (Linslyey, 1982 dalam Priambodo, 2004). Karena mekanisme terangkatnya massa udara dapat disebabkan oleh orografik dan konvektif, maka menyebabkan hujan memiliki variabilitas ruang dan variabilitas waktu yang berbeda-beda. Khusus di daerah tropik seperti Indonesia, variabilitas tersebut dapat sangat tinggi.

Selain itu, semakin tinggi letak ketinggian makin meningkat jumlah hujannya karena makin tinggi tempatnya makin turun temperturnya sehingga akan memperkacil kelembapan udara. Begitu juga besarnya curah hujan di suatu daerah pegunungan, juga dipengaruhi oleh kondisi kemiringan lereng (*slope*), karena akan mempengaruhi kecepatan angin sebagai pendorong dalam pembentukan hujan. Berdasarkan uraian diatas, secara hidrologis jelas terlihat adanya hubungan yang erat antara besaran hujan yang terjadi dengan dengan ketinggian daerah, maka dari itu dalam penelitian ini akan dilihat korelasi yang terjadi antara hujan yang terbaca disatu setasiun hujan (hujan titik), hujan DAS dan ketinggian daerah yang akan diwakilkan oleh posisi atau letak ketinggian satu setasiun hujan yang representatif dari permukaan laut.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini, untuk tahapan kalibrasi digunakan data yang ada di DAS Progo bagian hilir, DAS Opak, dan DAS Oyo, ketiga DAS ini terletak di propinsi daerah Istimewa Yogyakarta. Pada tahap verifikasi digunakan DAS Grompol dan DAS Trani

yang merupakan sub DAS dari DAS bendungan Solo. Pemilihan DAS tersebut didasari pada ketersediaan dan kelengkapan data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini. Lokasi penelitian untuk kalibrasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data sekunder dengan rincian sebagai berikut ini.

3.2.1 Data Kalibrasi

- a. Data hujan harian
- b. Sepanjang 10 tahun pada DAS Progo bagian hilir, DAS Opak dan DAS Oyo.
- c. Data lokasi setasiun hujan
- d. Peta DAS (Progo bagian hilir, Opak, dan Oyo).

3.2.2 Data Verifikasi

- a. Data hujan harian
- b. Sepanjang 5 tahun pada DAS Grompol dan DAS Trani.
- c. Data lokasi setasiun hujan
- d. Peta DAS (Grompol dan Trani)
- e. Peta kedua DAS yang dipakai dalam tahapan verifikasi ini akan digunakan untuk menghitung luas DAS dan luasan dari Poligon Thiessen.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hujan DAS

Pada penelitian ini, hujan harian yang digunakan untuk perhitungan hujan DAS dibagi dalam dua kelompok. Yaitu, hujan harian yang digunakan untuk kalibrasi dan

hujan harian yang digunakan untuk verifikasi. Hujan harian untuk kalibrasi digunakan hujan harian sepanjang sepuluh tahun (1992-2001) pada DAS Progo bagian hilir, DAS Opak dan DAS Oyo, sedangkan hujan harian untuk verifikasi digunakan hujan harian sepanjang 5 tahun (1997 - 2001) pada DAS Grompol dan DAS Trani. Hasil hitungan hujan DAS untuk kalibrasi selama sepuluh tahun kemudian diambil nilai hujan DAS nya yang lebih besar dari 40 mm, sedangkan untuk data verifikasi menggunakan data lima tahun secara keseluruhan.

4.2 Pembahasan Koefisien Reduksi (β)

Dari analisis yang dilakukan dengan SPSS diperoleh satu persamaan yang merupakan fungsi perpangkatan, dalam hal ini Persamaan *Power*. Bentuk Persamaan yang dihasilkan sebagai berikut.

$$\beta = K \times A^{K_A} \times N^{K_N} \times E^{K_E} \dots\dots\dots(5)$$

- dengan: β = koefisien reduksi
- K = konstanta Persamaan
- K_A = konstanta parameter luas DAS
- K_N = konstanta parameter jumlah setasiun hujan
- K_E = konstanta parameter elevasi setasiun hujan
- A = luas DAS (km²)
- N = jumlah setasiun hujan
- E = elevasi setasiun hujan (m)

Karena data yang digunakan dalam analisis regresi merupakan fungsi perpangkatan, maka untuk memperoleh hasil persamaan sesuai dengan persamaan 5, yaitu dengan melinierkan data yang digunakan. Proses transformasi data tersebut kedalam bentuk linier dilakukan dengan cara menambahkan logaritma natural (ln) pada masing-masing parameter luas DAS (lnA), jumlah setasiun hujan (lnN), dan elevasi setasiun hujan (lnE).

Hasil nilai-nilai dari ketiga parameter koefisien reduksi sebagai fungsi logaritama Luas DAS (lnA), Jumlah Setasiun Hujan (lnN), dan Elevasi setasiun Hujan (lnE) sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil Regresi Linier

Variabel	Koefisien	t hitung	Sig.
Konstanta	1.9417	2.670	0.008
lnA	-0.174	-2.381	0.018
lnN	-0.305	-6.855	0.000
lnE	-0.028	-2.061	0.040
R ²	0.390		
F	140.612		

Maka besaran koefisien reduksi (β) adalah

$$\beta = 1,9417 \times A^{-0,174} \times N^{-0,305} \times E^{-0,028} \dots\dots\dots(6)$$

- dengan: β = koefisien reduksi
- A = luas DAS (km²)

N = jumlah setasiun hujan
E = elevasi setasiun hujan (m)

4.3 Kesalahan Relatif

Dari hasil kalibrasi dan hasil verifikasi dapat ditentukan besarnya kesalahan rata-rata (mm) maupun penyimpangan rata-rata (%) antara hujan DAS acuan dengan hujan DAS estimasi. Pada tahapan kalibrasi, dengan menggunakan data hujan DAS dan data hujan harian yang lebih besar dari 40 mm selama 10 tahun (dari tahun 1992 – 2001) pada DAS Progo bagian hilir, DAS Opak, dan DAS Oyo, diperoleh besarnya kesalahan rata-rata antara hujan DAS acuan dan hujan DAS estimasi sebesar 15,0099 mm. Nilai kedalaman kesalahan tersebut jika dipersentasekan yaitu sebesar 28,0718 %.

Pada tahapan verifikasi, dengan menggunakan data hujan harian selama 5 tahun secara keseluruhan (dari tahun 1997 – 2001), diperoleh besarnya kesalahan rata-rata pada DAS Grompol sebesar 2,918 mm, jika dipersentasekan yaitu sebesar 32,280%. Sedangkan untuk DAS trani diperoleh kesalahan rata-rata sebesar 4,313 mm, atau sebesar 52,968%.

4.4 Perbandingan Hujan DAS Acuan Terhadap Hujan DAS Gama 1, der Weduwen dan Haspers

Dari analisis yang dilakukan pada DAS Grompol dan DAS Trani dengan data hujan harian sepanjang 5 tahun secara keseluruhan diperoleh selisih kedalaman rata-rata antara hujan DAS acuan dan hujan DAS Gama 1. Pada DAS Grompol selisih kedalaman rata-rata sebesar 3.990 mm, atau sebesar 50.999 %, sedangkan pada DAS Trani selisih kedalaman sebesar 4.183 mm, atau sebesar 67.468 %.

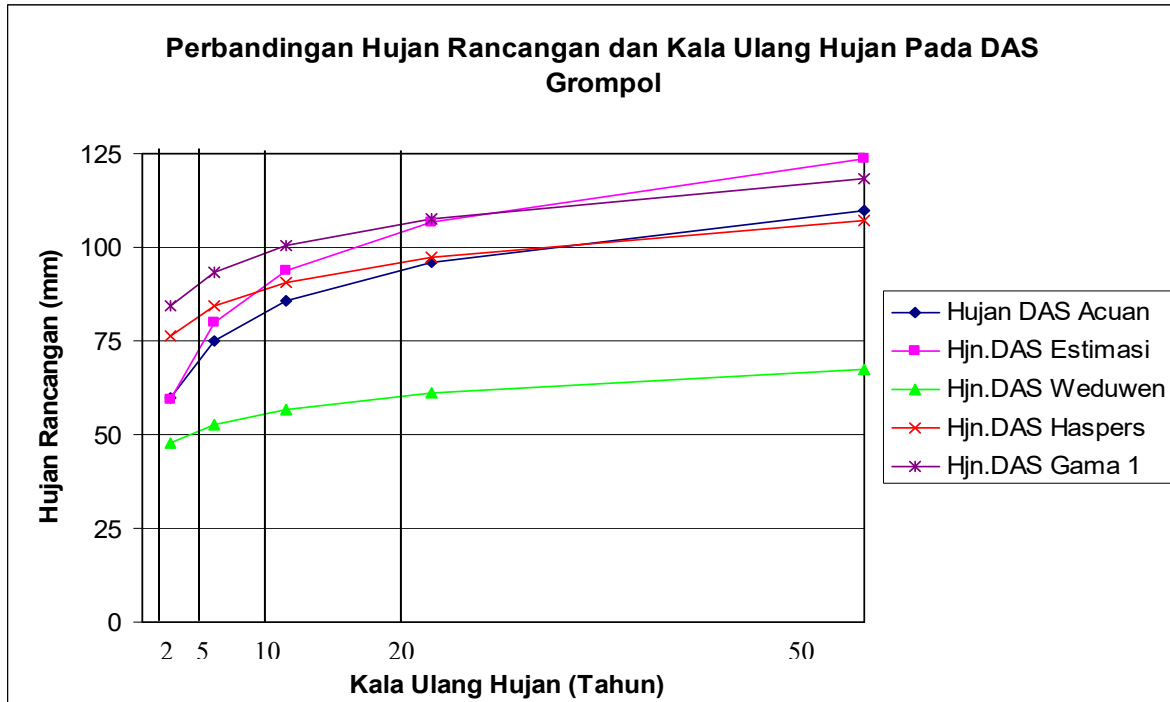
Dengan menggunakan koefisien reduksi Haspres pada DAS Grompol dan DAS Trani, diperoleh selisih kedalaman rata-rata selama 5 tahun antara hujan DAS acuan dan Hujan DAS Haspers adalah = 3,176 mm atau sebesar 41,843 %. Sedangkan pada DAS Trani selisih antara hujan DAS acuan dengan hujan DAS Haspers adalah = 4,020 mm atau sebesar 65,118%.

Selisih kedalaman rata-rata hujan DAS acuan dan hujan DAS der Weduwen pada DAS Grompol = 1,778 mm atau sebesar 18,615%, dan pada DAS Trani selisih kedalaman antara hujan DAS acuan dan hujan DAS der Weduwen = 2,153 mm atau 19,984%.

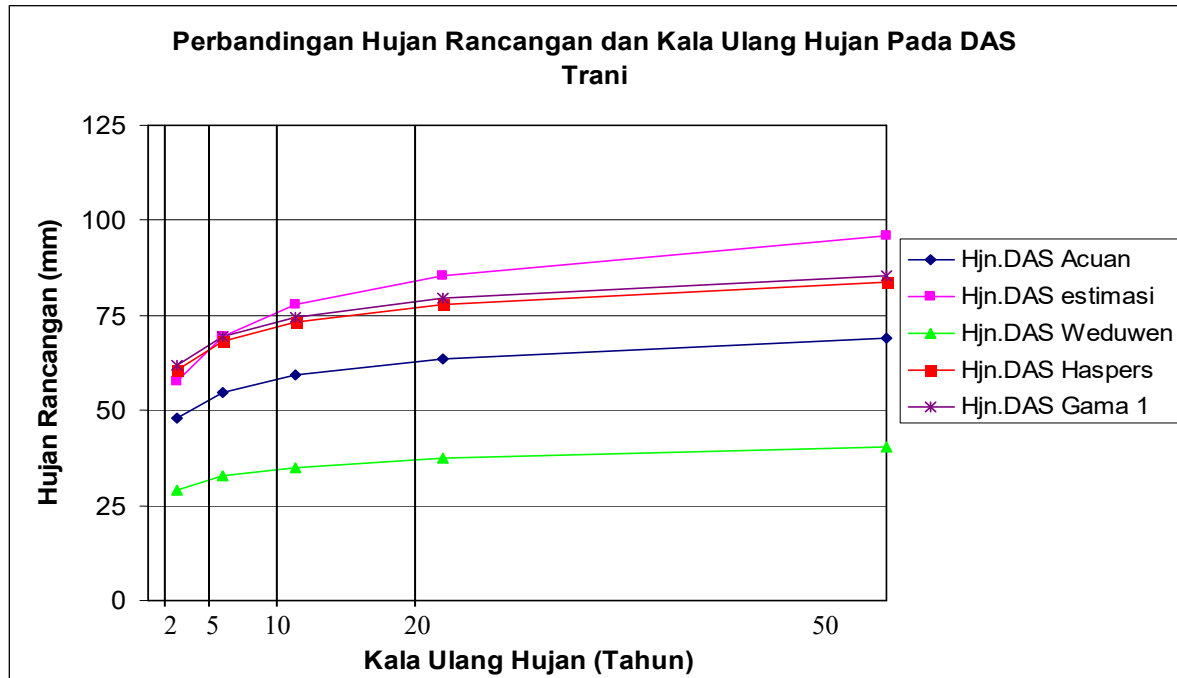
4.5 Hasil Analisis Frekuensi

Setelah diketahui kesalahan atau penyimpangan yang dihasilkan oleh hujan DAS estimasi dan hujan DAS Gama 1 dalam memperkirakan hujan rata-rata DAS, pada tahap berikutnya akan dilihat kesalahan atau penyimpangan jika hujan DAS estimasi dan hujan DAS Gama 1 digunakan untuk memperkirakan hujan rancangan dengan kala ulang tertentu. Untuk itu dilakukan analisis frekuensi. Hujan DAS acuan rancangan hasil analisis frekuensi digunakan sebagai acuan untuk menentukan kesalahan relatif hujan DAS estimasi rancangan dan hujan DAS Gama 1 rancangan hasil analisis frekuensi. Dalam penelitian ini, ditetapkan 5 kala ulang, yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, dan 50 tahun. Analisis frekuensi dilakukan dengan *software* Excel. Data hujan DAS acuan, data hujan DAS estimasi, dan data hujan DAS gama 1 yang digunakan dalam analisis frekuensi berupa data *partial series*.

Dari data hujan harian maksimum tahunan, dilakukan analisis frekuensi yang menghasilkan besaran hujan rancangan untuk DAS Grompol dan DAS Trani yang hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Perbandingan Hujan Rancangan Antara Hujan DAS Acuan, Hujan DAS Estimasi, Hujan DAS Weduwen, Hujan DAS Haspres dan Hujan DAS Gama 1 Pada DAS Grompol



Gambar 4. Perbandingan Hujan Rancangan Antara Hujan DAS Acuan, Hujan DAS Estimasi, Hujan DAS Weduwen, Hujan DAS Haspres dan Hujan DAS Gama 1 Pada DAS Trani

Dari gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa, hujan DAS estimasi menghasilkan hujan rancangan yang *over estimated* untuk berbagai kala ulang (kecuali pada DAS grompol untuk kala ulang 2 tahun), dan kesalahannya (*over estimated*) merambat lebih besar dengan semakin besarnya kala ulang hujan. Pada DAS Grompol, perbedaan hujan rancangan dengan menggunakan hujan DAS acuan dan hujan DAS estimasi tidak terlalu jauh, ini disebabkan karena jumlah setasiun hujan yang digunakan pada DAS Grompol hanya 3 setasiun hujan, sehingga perbedaan hujan DAS acuan maksimum dan hujan DAS estimasi maksimum sebagai *input* dari analisis frekuensi juga tidak terlalu jauh. Pada DAS Trani perbedaan hujan rancangan dengan menggunakan hujan DAS acuan dan hujan DAS estimasi cukup jauh, ini disebabkan karena DAS Trani memiliki kerapatan setasiun hujan yang memadai (5 setasiun hujan), sehingga perbedaan kedalaman antara hujan DAS acuan maksimum dan hujan DAS estimasi maksimum cukup jauh, yang menyebabkan kesalahan relatif hujan rancangan yang dihasilkan juga cukup besar pada DAS Trani.

Dengan menggunakan hujan DAS Gama 1 dan hujan DAS Haspers untuk memperkirakan hujan rancangan, kesalahan relatif hujan rancangan lebih besar pada kala ulang rendah (kala ulang 2 tahun), dan kesalahannya merambat semakin kecil pada kala ulang tinggi. Ini disebabkan interval atau perbedaan data hujan DAS minimum Gama 1 dan hujan DAS minimum Haspers dengan hujan DAS maksimumnya sebagai *input* analisis frekuensi tidak terlalu jauh. Pada DAS Grompol hujan DAS minimum Gama 1 dan Haspers sebesar 79,26 mm dan 71,59 mm, sedangkan hujan DAS maksimumnya 112,16 mm dan 102,3 mm. Hal inilah yang menjadi penyebab kesalahan relatif terbesar terjadi pada kala ulang rendah untuk hujan DAS Gama 1 dan Haspers dalam memperkirakan hujan rancangan.

Dengan menggunakan hujan DAS der Weduwen untuk memperkirakan hujan rancangan, kesalahan relatif yang terjadi semuanya menghasilkan kesalahan relatif yang *under estimated*. Ini disebabkan koefisien reduksi dari persamaan der Weduwen lebih kecil dari koefisien reduksi di atas, sehingga hujan maksimum tahunan yang dihasilkan sebagai *input* analisis frekuensi juga lebih kecil dibandingkan dengan hujan DAS acuan maksimum tahunan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan analisis terhadap hasil yang didapatkan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berhubungan dengan maksud dan tujuan awal penelitian, yaitu:

1. Pada tahapan kalibrasi, kesalahan relatif (%) yang dihasilkan oleh koefisien reduksi (β) dalam penelitian ini lebih kecil dibandingkan pada tahapan verifikasi. Ini disebabkan data hujan harian yang digunakan dalam tahapan kalibrasi masih data yang digunakan dalam mencari koefisien reduksi (β), selain itu juga data hujan DAS dan data hujan titik harian yang digunakan juga data hujan DAS yang kedalamannya lebih besar dari 40 mm (tidak menggunakan data hujan harian secara keseluruhan selama 10 tahun). Sehingga kalau dilihat dari kesalahan kedalaman rata-rata (mm) pada tahapan kalibrasi lebih besar, tapi jika dipersentasekan kesalahan pada tahap kalibrasi lebih kecil dari pada kesalahan pada tahap verifikasi.
2. Apabila koefisien reduksi yang dihasilkan dalam penelitian ini digeneralisasi terhadap kasus atau daerah lain, untuk menghitung hujan DAS (hujan DAS estimasi), kemungkinan kesalahan hasil perhitungan hujan DAS estimasinya bisa mencapai lebih dari 50 %.
3. Kesalahan relatif hujan DAS Gama 1 dan hujan DAS Haspers dalam memperkirakan hujan rancangan lebih tinggi pada kala ulang rendah, dan kesalahan relatifnya cenderung lebih kacil pada kala ulang tinggi untuk satu DAS yang ditinjau.
4. Kesalahan relatif (baik untuk hujan DAS Gama 1, der Weduwen, Haspers maupun untuk hujan DAS estimasi) akan meningkat lebih besar dengan semakin banyaknya setasiun hujan yang ada dalam DAS yang ditinjau. Hal ini disebabkan, dengan semakin banyaknya setasiun hujan yang ada dalam suatu DAS, kedalaman hujan DAS acuan maksimum semakin kecil.
5. Besaran koefisien reduksi akan selalu sama nilainya untuk satu DAS yang ditinjau. Sehingga hujan titiknya akan direduksi sama besar untuk mendapatkan hujan DAS nya (hujan DAS etimasi) tanpa melihat waktu kejadiannya (dalam hal ini hujan DAS harian).

5.2 Saran

Hasil analisis perhitungan hujan DAS dengan menggunakan seluruh setasiun hujan yang ada (hujan DAS acuan) dan perhitungan hujan DAS dengan menggunakan koefisien reduksi (hujan DAS estimasi), hujan DAS Gama 1, Haspers, dan der Wedewen memberikan beberapa hal yang dapat dilakukan agar penelitian selanjutnya dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan teliti , yaitu sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan hujan DAS, sebaiknya diperhatikan faktor kerapatan setasiun hujan dalam suatu DAS, karena semakin sedikit jumlah setasiun hujan dalam satu

DAS, hujan maksimum yang dihasilkan cenderung lebih tinggi. Sehingga apabila hujan DAS tersebut digunakan untuk analisis selanjutnya (misalnya untuk memperkirakan hujan rancangan), akan memberikan hasil yang *over estimated*.

2. Penggunaan koefisien reduksi dalam perhitungan hujan DAS, hanya disarankan apabila dalam DAS tersebut hanya terdapat satu setasiun hujan saja.
3. Apabila hasil perhitungan hujan DAS dengan koefisien reduksi digunakan untuk memperkirakan hujan rancangan, maka untuk hujan rancangan dengan kala ulang rendah (2 atau 5 tahun), disarankan menggunakan koefisien reduksi dalam penelitian ini. Tapi, jika digunakan untuk kala ulang tinggi (diatas 5 tahun) disarankan menggunakan koefisien reduksi Haspers atau gama 1. Karena dari analisis yang dilakukan, koefisien reduksi dalam penelitian ini hanya memberikan hasil yang cukup baik pada kala ulang rendah, sedangkan untuk kala ulang tinggi koefisien reduksi Haspers dan Gama 1 memberikan hasil yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pembuatan tulisan kini telah banyak pihak-pihak yang ikut membantu terutama Bapak Prof. Dr. Ir. Sri Harto Br., Dip.H dan Bapak Dr. Ir. Rachmad Jayadi, M.Eng. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas masukan ide, saran, bimbingan dan kritikan yang membangun dalam tulisan ini. Tidak lupa pula ucapan terima kasih kepada Bapak Kepala Balai Sumber Daya Air Bengawan Solo Dinas Pengairan Solo, beserta staf, terutama buat Bapak Pri yang telah meluangkan banyak waktu dalam pengumpulan data

DAFTAR PUSTAKA

- Budianto., 2001. Uji Kalibrasi Cara-Cara dalam Perkiraan Data yang Hilang, *Tesis*, Kelompok Bidang Ilmu-Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Jayadi, R., 2000, *Pengenalan Hidrologi*, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Krisnawan, S. B., 2005, Kajian Banjir Rancangan Berdasarkan Metode Hidrograf Satuan dan Analisis Frekuensi Debit, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Linsley, R. K., Kohler. M . A ., and Paulhus. 1949 , *Applied Hydrolgy*,pp. 680 Mc graw Hill, New York
- Ponce, V, M., 1989, *Engineering Hidrology Principles and Practices*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Priambodo, S., 2004. Karakteristika Hujan di Beberapa Setasiun Hujan di Wilayah DKI Jakarta, *Tesis*, Kelompok Bidang Ilmu-Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Simanton, J. R., and Osborn, H. B., 1980, Reciprocal Distance Estimate of Rainfall, *Journal of the Hydraulic Division*, ASCE, july, HY7, pp 1242 – 1246.
- Sobriyah, 2003, Pengembangan model Perkiraan Banjir Daerah Aliran Sungai Besar Dari Sintesa Beberapa Persamaan Terpilih, *Disertasi*, Program Studi Teknik Sipil, Kelompok Bidang Ilmu-Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K., 1976 *Hidrologi Untuk Pengairan*, edisi kesembilan, Pramadya Paramita, Jakarta

- Sri Harto Br, 1985. Perbaikan kualitas jaringan Hidrologi sejalan dengan perunahan pola pemanfaatan air, *Media Teknik*. No. 1, Tahun VII, Desember, pp 8 –11
- Sri Harto Br, 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sri Harto Br, 2000., *Hidrologi : Teori, Masalah, enyelesaian*, Nafiri, Jakarta
- Subarkah, I., 1980, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung
- Sulaiman, W., 2004, *Analisis Regresi Menggunakan SPSS*, ANDI, Yogyakarta
- Susilastiyono, A., 2005. Analisis Optimasi Pemanfaatan Air di Waduk Sermo, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta