

ANALISIS BANJIR RANCANGAN DENGAN METODE INVERSELY ESTIMATED RAINFALL

Titiek¹

ABSTRACT

To avoid the paucity of rainfall data, development of flood estimation methods that rely on hydrograph data are required. Hydrograph data are the output of the catchment. It means that all the catchment behaviors are represented in the runoff data. The effect of temporal and the spatial variability of rainfall and the initial soil moisture condition has been represented in the runoff data. Hence, it's necessary research about of design flood used on hydrograph.

The research uses 16 flood events collected from Bojongloa sub-river basin and 10 data from Leuwigoong sub-river, which all included Cimanuk river basin in West Java. The filter separation autoregressive method is selected to separate the hydrograph to become baseflow and direct runoff components. The resulted direct runoff is then used for deriving the effective rainfall using inversely estimated rainfall (IER) method. The result of IER rainfall and IER pattern is used in design flood analysis using unit hydrograph IER method. And the observed rainfall are used as comparisons.

The result show that design flood with hydrograph IER method is relatively similar with the observed rainfall. The result design flood with hydrograph IER method give accuracy between design flood the result of frequency analysis.

Keywords : hydrograph, inversely estimated rainfalls, unit hydrograph

ABSTRAK

Data *automatic rainfall recorder* (ARR) untuk menurunkan agihan hujan pada kenyataan di lapangan masih sangat sedikit, disini lain tersedia data hidrograf yang menggambarkan respon hujan yang memberi kontribusi pada aliran sehingga pengaruh yang timbul akibat variabilitas ruang dan waktu dari hujan serta kondisi *initial soil moisture* (ISM) sudah tercakup didalamnya. Dengan ketersediaan data hidrograf tersebut maka perlu dikembangkan suatu metode perkiraan banjir rancangan dengan menggunakan data hidrograf.

Pada penelitian ini digunakan 16 data kasus banjir di Sub DAS Bojongloa dan 10 data kasus banjir di Sub DAS Leuwigoong, dimana keduanya masuk wilayah DAS Cimanuk. Pemisahan hidrograf banjir ke dalam komponen langsung (*direct runoff*) dan aliran dasar (*baseflow*) dengan *filter separation autoregressive* (AR) *method*. Perkiraan hujan efektif dari data hidrograf menggunakan metode *inversely estimated rainfalls* (IER). Perkiraan banjir rancangan dihitung dengan metode HS IER dan pola agihan IER. Kesalahan relatif yang ditinjau adalah kesalahan relatif antara banjir rancangan dengan HS terhadap banjir rancangan hasil analisis frekuensi.

Hidrograf banjir rancangan untuk IER maupun ARR relatif berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa hidrograf banjir yang disebabkan oleh hujan IER menghasilkan

¹ Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta

hidrograf banjir yang sama dengan kondisi hidrograf banjir akibat hujan terukur. Dibandingkan dengan kondisi banjir aktual dari pengamatan debit maksimum tahunan maka prosentase relatif kesalahan cukup baik.

Kata kunci : **hidrograf, *inversely estimated rainfall*, hidrograf satuan**

PENDAHULUAN

Indonesia berada di daerah yang beriklim tropis dimana pada musim penghujan mempunyai curah hujan yang relatif cukup tinggi, dan seringkali mengakibatkan terjadi banjir. Setiap perencanaan dan perancangan suatu bangunan hidraulik diperlukan suatu usaha memperkirakan banjir rancangan (*design flood*) agar diperoleh hasil rancangan bangunan yang efektif, efisien dan aman. Salah satu metode perkiraan banjir rancangan untuk bangunan hidraulik adalah dengan metode hidrograf *level recorder* (AWLR) dan stasiun hujan manual, sehingga data yang tersedia berupa data hidrograf dan data hujan harian. Dengan ketersediaan data hidrograf maka perlu dikembangkan suatu metode perkiraan hujan dengan menggunakan data hidrograf, sehingga tanpa data hujan terukur dapat dihitung besar banjir rancangan.

Ketersediaan data hujan yang terbatas dapat menimbulkan permasalahan dalam perkiraan banjir rancangan terutama dengan metode HS. Sedangkan pada kondisi tertentu di suatu wilayah hanya memiliki data hidrograf dari pencatatan stasiun AWLR.

satuan (HS). Penurunan HS memerlukan data hujan durasi pendek dan data hidrograf. Data hujan durasi pendek seperti jam-jaman atau menitan dapat diperoleh dari data *automatic rainfall recorder* (ARR) atau dari data hujan harian yang diagihkan atau didistribusikan ke dalam tinggi hujan dengan pola agihan hujan tertentu. Stasiun hujan otomatis pada kenyataan di lapangan masih sangat sedikit, sementara data hujan terukur yang ada berupa data hujan harian.

Pada kondisi tertentu di suatu DAS sudah banyak terdapat stasiun *automatic water*. Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu diteliti metode *Inversely Estimated Rainfalls* (IER) dalam perhitungan banjir rancangan dengan menggunakan data data hidrograf.

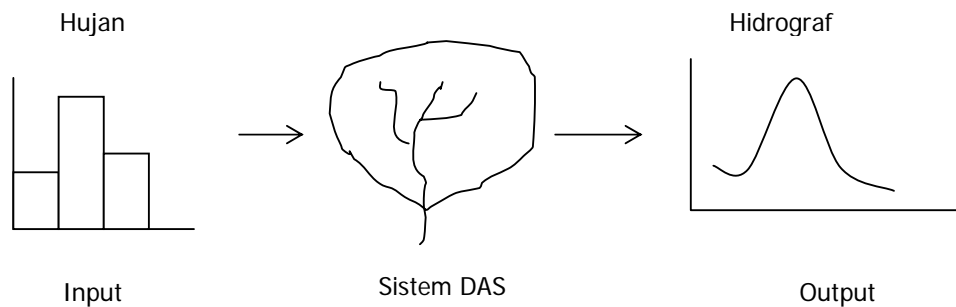
TINJAUAN PUSTAKA

Hidrograf merupakan penyajian grafis antara salah satu unsur aliran yaitu debit atau tinggi muka air dengan waktu.

Hidrograf menggambarkan respon terhadap hujan yang memberi kontribusi pada aliran setelah proses infiltrasi, evaporasi, evapotranspirasi yang tergantung kondisi topografi DAS yang ditinjau (Gambar 1).

Suatu hidrograf dapat dianggap sebagai suatu gambaran dari karakteristik fisiografis dan klimatologis yang mengendalikan hubungan antara curah hujan dan besar pengaliran dari suatu DAS (Sobriyah, 2003). Rekaman AWLR adalah hidrograf tinggi muka air, sedangkan hidrograf debit diperoleh dari rekaman AWLR yang dikonversi dengan

persamaan liku-kalibrasi (*rating curve*) Penelitian ini mengembangkan metode perkiraan hujan efektif dengan menggunakan data hidrograf yang disebut metode IER. Besar limpasan langsung jam-jaman dihitung menggunakan Persamaan 1 (Hino dan Hasebe, 1984).



Gambar 1. Skema Respon Hujan terhadap Hidrograf

$$q^{(2)}(t) = a_1^{(2)} q^{(2)}(t-1) + a_2^{(2)} q^{(2)}(t-2) + \dots + a_p^{(2)} q^{(2)}(t-p) + \lambda b^{(2)} \hat{f}^{(t)}(t) + \varepsilon^{(2)}(t) \quad (1)$$

dimana :

$a_p^{(2)}$: koefisien AR,

$b^{(2)}$: koefisien yang dihitung dengan Persamaan 2,

λ : faktor konversi dihitung dengan Persamaan3,

p : orde yang ditinjau.

$$b^{(2)} = 1 - a_1^{(2)} - a_2^{(2)} - a_3^{(2)} - \dots - a_p^{(2)} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{A}{3,6} \quad (3)$$

dimana :

A : luas DAS (km²).

Koefisien AR dihitung berdasarkan periode resesi data limpasan langsung dengan metode *the Yule-Walker system* (Cryer,

1986). Fungsi *sample autocorrelation* dihitung berdasarkan Persamaan 4.

perhitungan banjir rancangan dengan metode HS IER dan pola agihan IER.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cara perhitungan banjir rancangan dengan metode IER. Dimana metode IER digunakan untuk mendapatkan hujan efektif dari data hidrograf. Dari hujan IER digunakan untuk menurunkan HS IER dan pola agihan IER. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan suatu alternatif pemilihan perhitungan banjir rancangan dengan metode HS sesuai data yang dimiliki (khususnya data hidrograf) dan tepat dalam penerapan tanpa mengurangi kualitas hasil rancangan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian terdiri dari Sub DAS Bojongloa dan Sub DAS Leuwigoong

dengan didasarkan pada ketersediaan data yang diperlukan meliputi :

- Data AWLR sebagai data hidrograf banjir, rincian data dapat dilihat pada Tabel 1.
- Data hujan harian maksimum tahunan untuk mendapatkan hujan DAS yang kemudian digunakan untuk menghitung hujan rancangan dengan metode analisis frekuensi. Data hujan DAS yang diperoleh dalam penelitian ini untuk Sub DAS Bojongloa sebanyak 14 data (1987-2000) dan Sub DAS Leuwigoong sebanyak 8 data (1992-1999).
- Data banjir maksimum tahunan untuk mendapatkan banjir rancangan dengan metode analisis frekuensi. Data debit banjir yang diperoleh dalam penelitian ini untuk Sub DAS Bojongloa sebanyak 13 data (1987-2000) dan Sub DAS Leuwigoong sebanyak 16 data (1974-1989).

Tabel 1. Stasiun Pengukuran AWLR pada Lokasi Penelitian

No	Stasiun	Sungai	A (km ²)	Kejadian banjir (th.bl.hr)		Jumlah
1	Bojongloa	Cimanuk	182,90	76.05.06	81.11.13	16
				77.02.03	83.02.18	
				78.03.01	83.03.07	
				78.05.04	83.03.15	
				78.11.18	83.04.08	
				79.02.17	83.07.18	
				79.02.22	84.10.27	
				81.03.05	86.06.15	

2	Luwigoong	Cimanuk	771,75	77.11.25	80.02.27	10
				78.12.21	81.02.17	
				79.06.29	81.03.04	
				79.12.15	81.03.22	
				80.01.12	84.03.22	

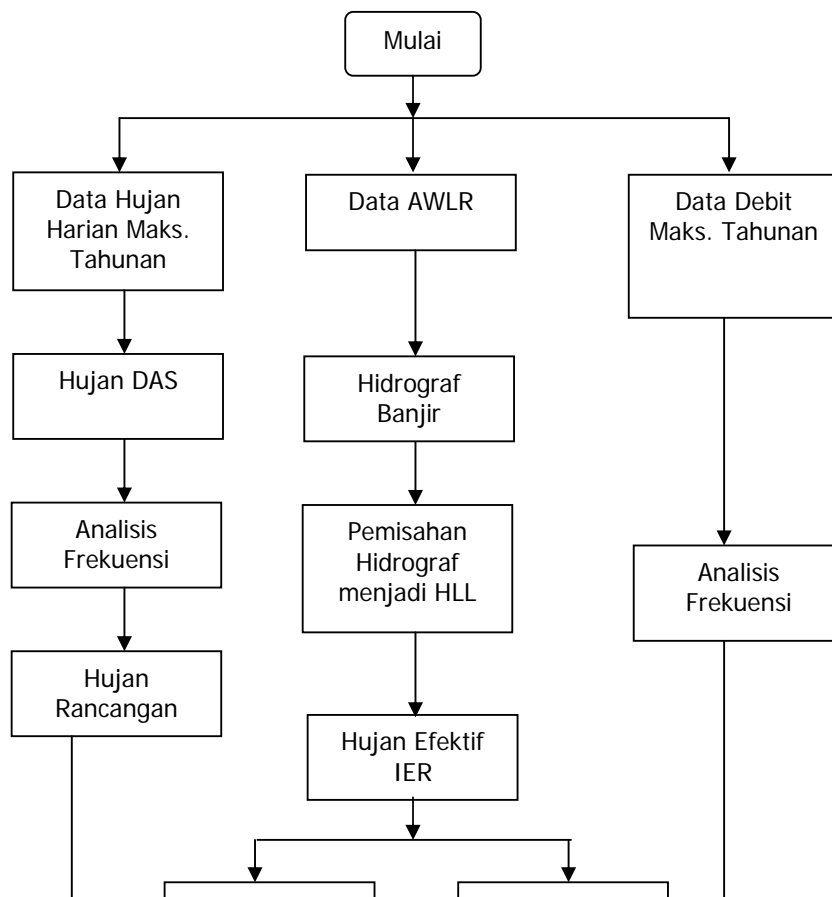
Analisis Hujan Efektif IER

Langkah kerja sebagai berikut.

- a. Data AWLR yang berupa data elevasi muka air diubah menjadi debit dengan menggunakan persamaan liku-kalibrasi (*rating curve*), sehingga diperoleh hidrograf debit.
- b. Kurva resesi pada hidrograf banjir digambar dengan skala semi logaritmik diperoleh besar konstanta resesi (K) terhadap kemiringan kurva resesi sehingga diperoleh besar *cut-off frequency* (f_c).
- c. Pemisahan komponen hidrograf banjir menjadi hidrograf *baseflow* dan HLL.
- d. Data HLL dipergunakan untuk menghitung seri data hujan efektif IER ($\hat{r}^{(2)}(t)$) dengan menggunakan Persamaan 6, setelah dihitung koefisien AR ($a_i^{(2)}$) dengan persamaan matrik (Persamaan 5).

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian secara jelas dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



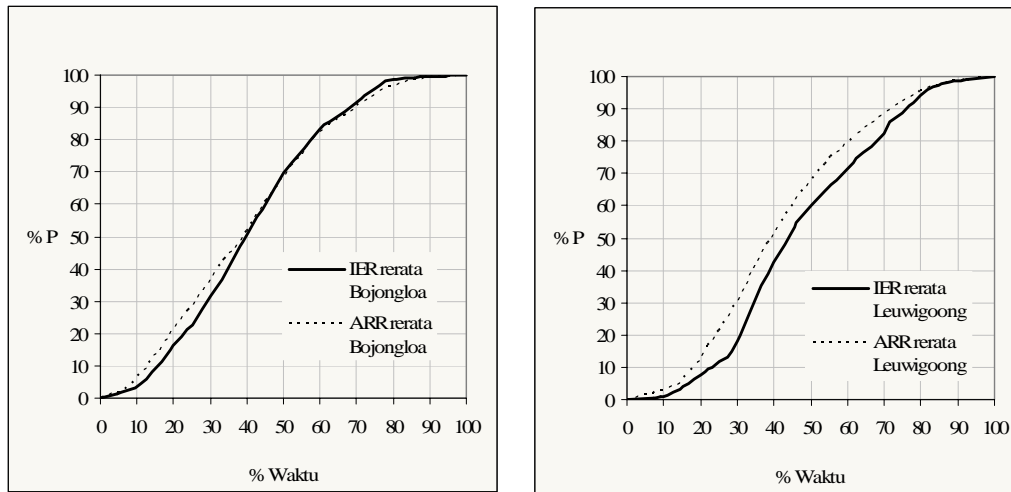
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN
Analisis Hujan Efektif IER

Perkiraan hujan dengan menggunakan data hidrograf pada penelitian ini menghasilkan hujan IER.

Tabel 2. Hasil Perhitungan IER Sub DAS Bojongloa

Jam ke-	Data ke-/ Tanggal															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,04	0,03	0,07	0,08	2,25	0,19	1,25	0,55	2,29	0,15	0,27	1,37	3,20	0,30	1,02	2,24
2	0,09	2,84	2,14	2,89	5,25	3,33	4,36	3,88	3,24	4,52	1,25	2,19	5,45	1,50	8,58	3,82
3	0,39	3,12	1,42	1,46		0,25		6,26	2,71	0,67	4,76	0,07	2,81	9,10	3,98	0,81
4	0,22	1,59	3,18	4,38		0,92			2,56	0,78	3,09	2,02		0,94	2,27	0,29
5	1,12	0,41	2,20	0,45		0,09				0,42	0,08	4,78				0,51
6	10,77	0,39	0,08	0,55		0,05				0,24	0,33					0,38
7	1,20	0,03	0,26			0,07				0,37	0,15					0,30
8		0,07				0,01				0,33	0,10					0,42
9		0,13				0,03				0,33						0,19
10						0,03				0,25						0,24
11										0,26						



Gambar 3. Pola Agihan IER dan ARR

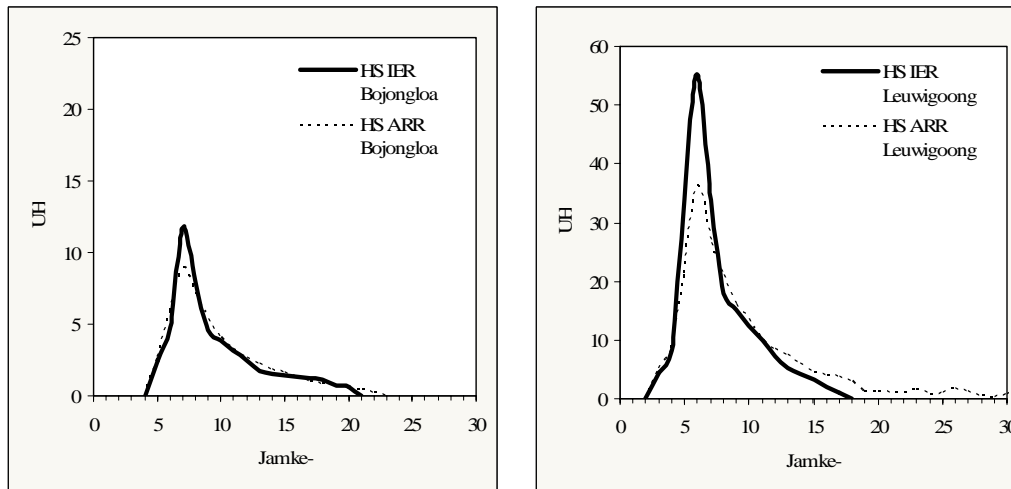
Analisis HS IER

Penelitian ini menggunakan HS terukur dengan metode Collins dari data IER menjadi HS IER.

Hasil HS IER tiap kejadian dari beberapa kasus banjir dirata-ratakan menjadi HS IER rerata.

Dalam penelitian ini juga dihitung HS ARR rerata (*observed rainfall*) sebagai pembandingan.

Hasil perhitungan HS IER rerata HS ARR rerata Sub DAS Bojongloa dan Sub DAS Leuwigoong dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Pola Agihan IER dan ARR

Analisis Banjir Rancangan

Hujan rancangan yang diperoleh dari analisis frekuensi data hujan DAS yang

diperoleh dengan menggunakan metode poligon Thiessen. Pada penelitian ini perhitungan hujan rancangan untuk kala

ulang 50 dan 100 tahunan, hasil dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hujan Rancangan Hasil Analisis Frekuensi

No.	Sub-DAS	P _T (mm)		Keterangan
		P ₅₀	P ₁₀₀	
1	Bojongloa	71	75	Normal
2	Leuwigoong	62	64	Normal

Banjir rancangan dengan hasil analisis frekuensi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Banjir Rancangan Hasil Analisis Frekuensi

No.	Sub-DAS	Q _T (m ³ /s)		Distribusi Data
		Q ₅₀	Q ₁₀₀	
1	Bojongloa	132	152	Log Normal
2	Leuwigoong	484	542	Log Pearson III

Durasi hujan perlu diketahui untuk didekati dengan waktu konsentrasi (t_c). perkiraan banjir rancangan, durasi hujan Hasil perhitungan pada Tabel 6

Tabel 6. Baseflow Rerata dan Durasi Hujan

No.	Sub-DAS	Luas Sub-DAS (km ²)	Q _b (m ³ /s)	Durasi Hujan (jam)
1	Bojongloa	182,90	12,78	5
2	Leuwigoong	771,75	20,08	9

Banjir rancangan dapat dihitung dengan Persamaan 9 di bawah ini :

$$Q_n = \sum_{m=1}^{m \geq n} P_m U_k + Q_b \quad (9)$$

dimana :

Q_n : banjir rancangan (m³/s),

Q_b : *baseflow* (m³/s),

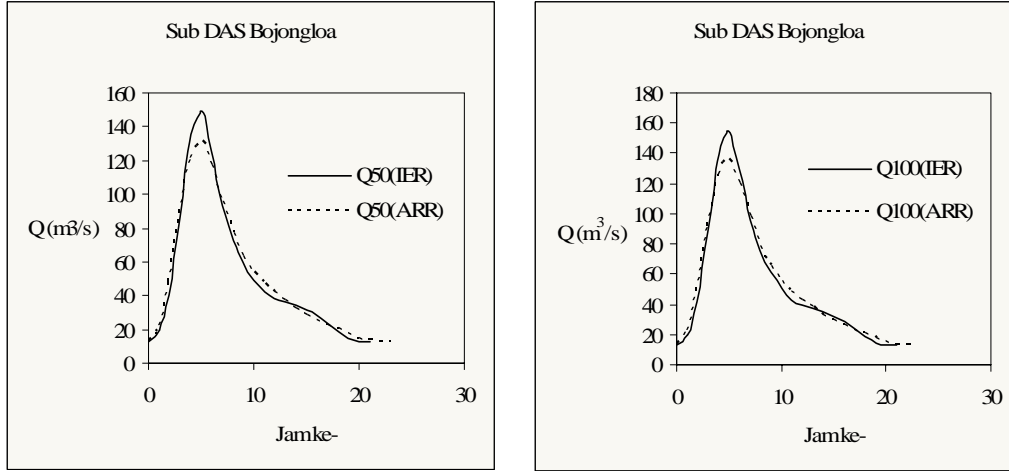
P : hujan efektif,

U : ordinat HS,

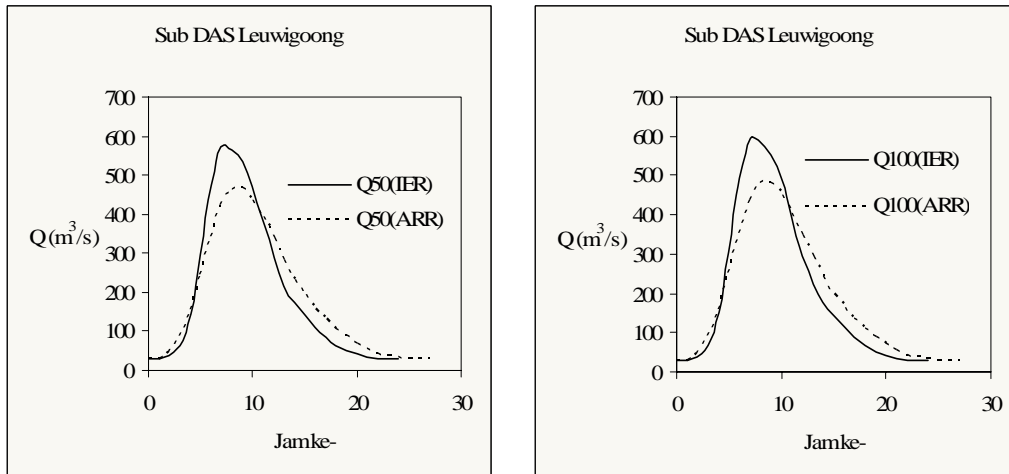
- k : jumlah ordinat HS,
- m : jumlah periode hujan.

Hasil banjir rancangan dengan metode HS IER rerata dan metode HS ARR rerata tiap

kala ulang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Banjir Rancangan Sub DAS Bojongloa



Gambar 6. Banjir Rancangan Sub DAS Leuwigoong

Tabel 7. Prosentase Kesalahan Relatif

Sub DAS	Pola Agihan dan HS	Q ₅₀	Q ₁₀₀	% Q ₅₀	% Q ₁₀₀
Bojongloa	IER	149	154	-13	-1
	ARR	132	136	0	11

	AF	132	152		
Leuwigoong	IER	572	593	-18	-9
	ARR	465	481	4	11
	AF	484	542		

AF = Analisis Frekuensi

Kriteria statistik diperlukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara banjir rancangan dengan metode analisis frekuensi dengan banjir rancangan dengan metode HS IER maupun ARR. Kesalahan relatif dihitung dengan Persamaan 8, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa hidrograf banjir rancangan untuk IER maupun ARR relatif berimpit. Hal tersebut menunjukkan bahwa hidrograf banjir yang disebabkan oleh hujan IER

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa sebagai berikut :

Hidrograf banjir rancangan untuk IER maupun ARR relatif berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa hidrograf banjir yang disebabkan oleh hujan IER menghasilkan hidrograf banjir yang sama dengan kondisi hidrograf banjir akibat hujan terukur.

Dibandingkan dengan kondisi banjir aktual dari pengamatan debit maksimum tahunan maka prosentase relatif kesalahan cukup baik.

Hujan yang diperoleh dari data hidrograf dengan metode IER dapat digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan,

menghasilkan hidrograf banjir yang sama dengan kondisi hidrograf banjir akibat hujan terukur. Bila dibanding dengan kondisi aktual dari pengamatan debit setelah dianalisis frekuensi maka relatif kesalahan cukup baik karena kurang dari 20 %. Dari hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa hujan yang diperoleh dari data hidrograf dengan metode IER dapat digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Baik untuk menurunkan HS IER maupun pola agihan hujan IER.

baik itu untuk menurunkan HS IER maupun pola agihan hujan IER.

Metode *Inversely Estimated Rainfalls* (IER) dapat dipergunakan untuk memperkirakan banjir rancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cryer, J.D., 1986, *Time Series Analysis*, Duxbury Press, Boston
- Sujono, J., 2003, *Parameter Identification and regionalization of Unit Hydrograph and Storage Fuction Model in Tropical River Basin*, Thesis, Departement of Bioproduction Enviromental Science Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, Fukuoka, Japan

- Sobriyah, 2003, Pengembangan Model Perkiraan Banjir Daerah Aliran Sungai Besar dari Sintesa Beberapa Persamaan Terpilih, Desertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Titiek, W., 2005, Analisis Agihan Hujan Berdasarkan Data Hidrograf, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Uniadi, M., 2005, Penurunan Hidrograf Satuan Tanpa Data Hujan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta