

## PERBANDINGAN BEBERAPA METODE PERHITUNGAN DEBIT PUNCAK BANJIR RANCANGAN

HUMAIRO SAIDAH<sup>1)</sup>, ATAS PRACOYO<sup>2)</sup>, KHAIRUDIN<sup>3)</sup>

<sup>1,2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>3)</sup> Alumni Teknik Sipil Universitas Mataram

*e-mail h.saidah@unram.ac.id*

### ABSTRAK

Analisis debit puncak banjir sangat diperlukan dalam perencanaan bangunan air. Debit rancangan yang tepat akan menghasilkan dimensi bangunan yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu, dalam perhitungannya harus dianalisis menggunakan metode yang tepat. Banyaknya DAS yang tidak memiliki alat ukur debit juga menjadi permasalahan tersendiri dalam memperkirakan debit banjir rancangan. Studi ini ingin menguji metode Weduwen, Melchior dan Haspers dalam menghasilkan debit banjir rancangan untuk diterapkan pada Sungai Babak, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai panduan dalam pemilihan teknik perhitungan debit banjir pada DAS lain yang tidak memiliki alat pengukuran. Pengujian akurasi hasil perhitungan ketiga metode ini dilakukan dengan cara membandingkan dengan debit banjir hasil analisis frekuensi menggunakan *Annual Maximum Series*. Berdasarkan dari hasil perhitungan ketiga metode tersebut didapatkan nilai debit puncak banjir rancangan metode Haspers memiliki nilai RE dan RMSEP terkecil yaitu berturut-turut sebesar 8,960 % dan 88,546, sehingga dapat dinyatakan bahwa perhitungan debit puncak banjir rancangan metode Haspers mempunyai ketelitian hasil analisis yang paling baik jika dibandingkan dengan metode Melchior dan Weduwen untuk pemakaian di Sungai Babak.

*Kata kunci: Weduwen, Melchior, Haspers, Analisis Frekuensi, Banjir rancangan*

### ABSTRACT

*Peak discharge flood analysis is very crucial in waterworks design. The proper design flood discharge will produce effective construction dimensions as project requirement. Therefore, flood design calculations must be analyzed using appropriate methods. The problem in estimating design flood discharge is usually found in ungauged watersheds which do not have any water discharge measuring equipment. This study wants to test the flood design method using rain data input to be applied to the Babak River, so the result can be used as a guide in the selection of flood discharge calculation techniques in other ungauged watersheds. The accuracy test is carried out by comparing the results of these methods with the flood design resulted from a frequency analysis of the Annual Maximum Series. Based on the results of the calculation, the peak flood of the Harpers method has the smallest RE and RMSEP values are 8.960% and 88.546 respectively. Thus, it can be concluded that the calculation of the design of the flood peak Harpers method has the best accuracy of the analysis results when compared with the Melchior and Weduwen methods for Babak River.*

*Keyword : Weduwen, melchior, harpers method, frequency analyses, design flood*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Penentuan besaran rancangan khususnya banjir rancangan adalah hal sangat umum dilakukan praktisi hidrologi. Besarnya debit banjir ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik, sedemikian hingga kerusakan yang timbul baik disebabkan secara langsung

maupun tidak langsung oleh banjir tersebut tidak boleh terjadi selagi besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 1993). Banjir rancangan ini diantaranya berupa nilai puncak banjir, volume banjir, ataupun hidrograf banjir. Pemilihan besarnya kala ulang banjir rancangan untuk setiap jenis bangunan tidak terdapat kriteria dan pedoman yang definitif. Kala ulang tersebut harus dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan yang mana bangunan hidraulik yang dibangun masih harus dapat berfungsi dengan baik minimal selama waktu yang ditetapkan, baik struktural maupun fungsional. (Jayadi, 2004)

Perkiraan besaran debit banjir rancangan adalah sesuatu yang bersifat tidak pasti. Para praktisi menggabungkan berbagai teknik dengan mempertimbangkan beberapa hal diantaranya data pengukuran, metode ilmiah serta justifikasi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman, untuk menentukan besaran banjir rancangan pada lokasi tertentu. Analisis frekuensi biasa digunakan untuk menunjukkan analisis statistik kejadian banjir, misalkan mengenai besaran maupun tingkat keberulangnya dalam jangka waktu tertentu. (Reed, 2002).

Seringkali dalam proyek perencanaan bangunan hidraulik, seseorang hanya membutuhkan informasi besaran debit banjir rancangan. Perhitungan yang sederhana dan tidak membutuhkan data yang banyak mutlak diperlukan utamanya untuk pemakaian pada DAS yang memiliki fasilitas pengukuran terbatas seperti sebagian besar sungai di Pulau Lombok. Terdapat beberapa metode yang menghitung besaran banjir rancangan tanpa sajian hidrografnya, diantaranya adalah metode Weduwen, metode Haspers, metode Melchior, metode Rasional, dan lain-lain. Metode ini sudah sangat dikenal dan digunakan secara luas serta memberikan hasil debit banjir rancangan yang beragam (Syofyan, 2018; Nasjono, 2018; Maulana, 2017; Surentu, 2016)

Penelitian ini bertujuan untuk menguji metode Weduwen, Haspers, dan Melchior untuk diaplikasikan di Sungai Babak di pulau Lombok. Kemudian hasil ketiga metode tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan debit banjir hasil analisis frekuensi menggunakan input data debit hasil pengukuran. Pengujian ketelitian dilakukan untuk menilai seberapa baik kemampuan ketiga metode tersebut dalam menghasilkan debit banjir rancangan untuk Sungai Babak. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi pedoman penggunaan metode perhitungan debit banjir rancangan pada DAS lain yang memiliki karakteristik mirip namun tidak memiliki alat pengukuran debit.

## **METODE PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di DAS Babak, salah satu sungai utama di Pulau Lombok yang berhulu di Gunung Rinjani dan bermuara di Selat Lombok, memiliki luas 258,41 km<sup>2</sup> dan panjang sungai utama 22.280 km, yang melintasi Kabupaten Lombok Barat, Lombok Tengah dan sedikit wilayah Lombok Timur.

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan harian untuk Stasiun hujan Mantang, Lingkuk Lima, Keru, Narmada, Jurang sate dan Kediri. Sedangkan data debit harian menggunakan data pos muka air otomatis (AWLR) Gebong.

### **Tahapan Analisis Data**

Tahap Analisis secara umum dimulai dengan pengujian awal terhadap data hujan dan data debit, yang dilakukan dengan uji konsistensi menggunakan metode RAPS. Dilanjutkan dengan perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan metode Thiessen. Analisis curah hujan rancangan dilakukan dengan mengikuti jenis distribusi data yang dilihat dari besaran parameter statistik. Perhitungan debit banjir rancangan DAS didekati dengan metode Haspers, Weduwen, Melchior dan dikontrol terhadap debit banjir rancangan yang diolah dari data debit AWLR menggunakan Analisis frekuensi. Langkah terakhir adalah pengujian akurasi metode yang dilakukan dengan melihat nilai kesalahan relatif (*Relative error, RE*) selisih volume kesalahan (*volume error, VE*), dan Akar kuadrat kesalahan rerata (*root mean square error, RMSE*).

## 1. Pengujian Konsistensi Data dengan Metode RAPS

Konsistensi data hujan ditunjukkan dengan nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata berdasarkan persamaan berikut (Harto, 1993; Kamiana, 2011) :

$$SK^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$S_k^{**} = \frac{SK^*}{D_y} \quad (2)$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{N} \quad (3)$$

dengan :  $SK^*$  = nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata;  $Y_i$  = nilai data Y ke- $i$ ;  $\bar{Y}$  = nilai Y rata-rata;  $N$  = jumlah data Y;  $SK^{**}$  = Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS);  $D_y$  = standar deviasi seri data Y.

## 2. Perhitungan Besaran Rancangan

**Analisa frekuensi** digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan dengan input data debit hasil pencatatan AWLR, setelah dilakukan pengujian distribusi data untuk melihat sifat statistiknya. Dalam statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat distribusi yang banyak digunakan yaitu distribusi normal, distribusi log normal, distribusi Gumbel dan distribusi log Pearson tipe III sertaparameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi, nilai rata-rata (*mean*), simpangan baku, koefisien variasi, koefisien Skewness, dan koefisien Kurtosis.

Persamaan umum besaran rancangan menurut distribusi Log Pearson Type III adalah (Triatmodjo, 2008) :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{log } X} + S_{\text{log}X} \cdot K \quad (4)$$

Dimana :  $X_T$  = hujan rencana periode ulang T tahun;  $X$  = nilai rata-rata hujan (mm);  $S$  = standar deviasi data hujan X (mm);  $K$  = faktor frekuensi

**Metode Weduwen** yang digunakan untuk menghitung debit maksimum di daerah pengaliran Jakarta dirumuskan sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A \quad (5)$$

Dengan  $Q_{maks}$  = debit maksimum ( $m^3/dtk$ );  $\alpha$  = koefisien pengaliran;  $\beta$  = koefisien reduksi;  $I$  = intensitas hujan ( $m^3/dtk/Km^2$ );  $A$  = luas daerah aliran ( $Km^2$ ).

$$\text{Koefisien pengaliran } (\alpha), \alpha = 1 - \frac{4,1}{I+7} \quad (6)$$

$$\text{Koefisien reduksi } (\beta), \beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120 + A} \quad (7)$$

$$\text{Lamanya hujan (t dalam satuan jam) ditentukan dengan rumus : } t = \frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \quad (8)$$

dengan :  $S$  = kemiringan dasar sungai rata-rata

$$\text{Besarnya intensitas hujan (I), } I = \frac{67,65}{t+1,45} \quad (9)$$

Dimana dalam perhitungan  $Q$  maksimum kala ulang tertentu ( $Q_{maks}$ ), harus dibandingkan dengan curah hujan rancangan kala ulang 70 tahun yang ditentukan dengan rumus  $I_{70} = \frac{(2,4xt)+300}{(6 \times t)+7}$  (10)

Debit maksimum dengan periode ulang  $i$  tahun ( $Q_i$ ) untuk daerah pengaliran di luar Jakarta ditentukan dengan rumus :  $Q_i = Q_{maks} \times \frac{R_i}{R_{70}} = Q_{maks} \times \frac{R_i}{240}$  (11)

**Metode Melchior** yang berlaku untuk daerah pengaliran di wilayah Jakarta dirumuskan sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

$$Q_{maks} = \alpha \times I \times A \quad (12)$$

Dengan  $Q_{maks}$  = debit maksimum ( $m^3/dt$ );  $\alpha$  = koefisien pengaliran;  $\beta$  = koefisien reduksi;  $I$  = intensitas hujan ( $m^3/dtk/km^2$ );  $A$  = luas daerah aliran ( $km^2$ ).

Melchior menetapkan koefisien pengaliran ( $\alpha$ ) sebagai angka perbandingan antara limpasan dan curah hujan total, yang besarnya berkisar antara 0,42 – 0,62 dan disarankan memakai 0,52.

$$\text{Koefisien reduksi } (\beta), \beta = \beta_1 \times \beta_2 \quad (13)$$

$$\text{Nilai } \beta_1 \text{ ditentukan berdasarkan rumus : } F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1) \quad (14)$$

Dengan F = luas elips yang mengelilingi daerah aliran sungai dengan sumbu panjang (a) tidak lebih dari 1,5 kali pendek (b). Besaran F dinyatakan dalam km<sup>2</sup> dan nilainya > luas daerah pengaliran (A).

Nilai  $\beta_2$  ditentukan berdasarkan hubungan antara F dan lama hujan seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Persentase  $\beta_2$  menurut Melchior**

F (Km <sup>2</sup> )	Lama hujan, t (jam)										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	24
0	44	64	80	89	92	92	93	94	95	96	100
10	37	57	70	80	82	84	87	90	91	95	100
50	29	45	57	66	70	74	79	83	88	94	100
300	20	33	43	52	57	61	69	77	85	93	100
-	12	23	32	42	50	54	66	74	83	92	100

Sumber : Kamiana, 2011

### Menentukan intensitas hujan (I)

$$I = \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ maksimum}}{36 \times t_c} \quad (15)$$

$$t_c = \frac{10 \times L}{36 \times V} \quad (16)$$

$$V = 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \quad (17)$$

Dimana  $R_{24}$  = hujan harian (mm);  $t_c$  = waktu konsentrasi (jam); V = kecepatan rata-rata aliran (m/dtk);  $Q = \beta_1 \times I_{\text{coba}} \times F$  (m<sup>3</sup>/dtk); S = kemiringan rata-rata sungai; L = panjang sungai utama (Km)

### Menghitung $Q_{\text{maks}}$ untuk suatu daerah pengaliran

Untuk daerah luar Jakarta yang mempunyai curah hujan harian maksimum r (mm), maka hasilnya harus dikalikan dengan perbandingan curah hujan harian maksimum setempat dengan curah hujan harian maksimum Jakarta (200 mm), sehingga persamaannya menjadi :

$$Q = \alpha \times I \times A \times \frac{r}{200} \quad (18)$$

**Tabel 2. Perkiraan Intensitas Hujan Harian menurut Melchior**

Luas Elips (Km <sup>2</sup> )	I m <sup>3</sup> /dt/ Km <sup>2</sup>	Luas Elips (Km <sup>2</sup> )	I m <sup>3</sup> /dt/ Km <sup>2</sup>	Luas Elips (Km <sup>2</sup> )	I m <sup>3</sup> /dt/ Km <sup>2</sup>
0,14	29,60	144	4,75	720	2,30
0,72	22,45	216	4,00	1080	1,85
1,20	19,90	288	3,60	1440	1,55
7,20	14,15	360	3,30	2100	1,20
14	11,85	432	3,05	2880	1,00
29	9,00	504	2,85	4320	0,70
72	6,25	576	2,65	5760	0,54
108	5,25	648	2,45	7200	0,48

Sumber : Kamiana, 2011

**Metode Haspers** menghitung debit maksimum yang dirumuskan sebagai (Kamiana, 2011) :

$$Q_{\text{maks}} = \alpha \times \beta \times I \times A \quad (19)$$

dengan :  $Q_{\text{maks}}$  = debit maksimum (m<sup>3</sup>/dtk);  $\alpha$  = koefisien pengaliran;  $\beta$  = koefisien reduksi;

I = intensitas hujan (m<sup>3</sup>/dtk/Km<sup>2</sup>); A = luas daerah aliran (Km<sup>2</sup>)

$$\text{Koefisien pengaliran } (\alpha), \alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,075 \times A^{0,7}} \quad (20)$$

$$\text{Koefisien reduksi } (\beta), \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4 \times t})}{t^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12} \quad (21)$$

$$\text{Waktu konsentrasi } (t_c), t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \quad (22)$$

dengan : L = panjang sungai utama (Km); S = kemiringan dasar sungai rata-rata

Besarnya curah hujan  $r$  (mm) untuk lama hujan tertentu  $t = t_c$  (jam) dan hujan harian maksimum  $R_{24}$  (mm) dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } t < 2 \text{ jam, } r = \frac{t \times R_{24}}{t+1-0,0008 \times (260-R_{24}) \times (2-t)^2} \quad (23)$$

$$\text{Untuk } 2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam, } r = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \quad (24)$$

$$\text{Untuk } 19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari, } r = 0,707 \times R_{24} \times (t+1)^{1/2} \quad (25)$$

Besarnya intensitas hujan ditentukan berdasarkan hubungan antara  $r$  (mm) dan  $t$  (jam) dengan rumus :

$$I = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (26)$$

### 3. Akurasi Metode

Beberapa kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi ketelitian sebuah metode diantaranya ialah :

a. Kesalahan Relatif Error (RE)

$$R_E = \frac{1}{n} \times \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{X_i} \times 100\% \quad (27)$$

b. Rata-rata Akar Jumlah Kuadrat dari perbedaan data hasil peramalan dan data terukur (RMS)

$$R_{MS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2} \quad (28)$$

dengan :  $X_i$  = debit observasi periode ke- $i$ ;  $Y_i$  = debit simulasi periode ke- $i$ ;  $R_E$  = *Relative Error* (%);  $R_{MS}$  = *Root Mean Square Error*;  $n$  = jumlah data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang kita lakukan yaitu mengumpulkan data curah hujan yang kita gunakan, data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian selama 13 tahun yaitu data curah hujan tahun 1999-2011 dari 6 stasiun yang tersebar di DAS Babak yaitu stasiun Keru, Jurang Sate dan Lingkok Lima, Mantang, Narmada dan Kediri.

### A. Pengujian Konsistensi Data Hujan

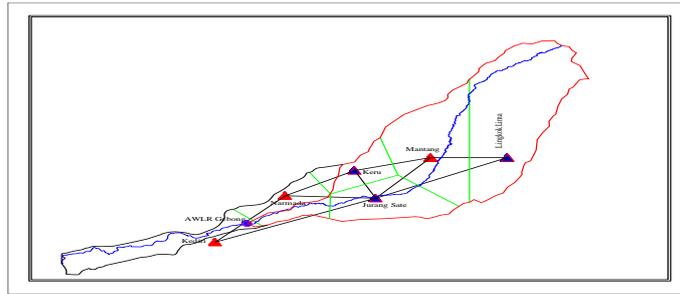
Pengujian konsistensi data hujan dilakukan dengan metode RAPS menggunakan persamaan (1) sampai (3) dan disajikan hasilnya pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil perhitungan uji RAPS untuk semua pos hujan

Pos hujan	$Q/\sqrt{n}$		$R/\sqrt{n}$		Keterangan
	Analisa	Tabel	Analisa	Tabel	
Keru	1,036	1,329	1,036	1,446	Konsisten
Jurang Sate	0,564	1,329	0,770	1,446	Konsisten
Lingkok Lima	0,768	1,329	0,768	1,446	Konsisten
Mantang	1,092	1,329	1,423	1,446	Konsisten
Kediri	0,734	1,329	1,082	1,446	Konsisten
Narmada	0,983	1,329	1,219	1,446	Konsisten

### B. Perhitungan curah hujan rancangan

Pemilihan data hujan yang digunakan untuk analisis hujan rancangan adalah hujan harian maksimum tahunan. Data tersebut dikumpulkan dan diolah menjadi hujan rerata daerah menggunakan metode Thiessen. Pembagian daerah pengaruh poligon Thiessen disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Polygon Thiessen DAS Babak**

Berdasarkan analisis pemilihan jenis agihan dari data hujan harian maksimum, selanjutnya dihitung parameter statistik untuk memilih sebaran yang cocok. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai  $C_v = 0,879$ ,  $C_s = 1,948$  dan  $C_k = 7,271$ , hasil perhitungan menunjukkan bahwa jenis agihan yang dipilih mendekati persyaratan Log Pearson Tipe III. Sedangkan hasil uji kecocokan distribusi yang disajikan pada tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Kecocokan Distribusi Data**

Uji kecocokan	Nilai tabel	Nilai hitung	Kesimpulan
Chi-Kuadrat	11,070	9,737	Diterima
Smirnov-kolmogorov	0,138	0,102	Diterima

Dari hasil perhitungan parameter statistik curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III, diperoleh nilai rata-rata  $\text{Log } X = 1,531$  dan  $S \text{ Log } X = 0,348$ , dengan menggunakan persamaan (4) diperoleh curah hujan rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 tahun dan disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 5. Nilai curah hujan rancangan**

Periode ulang (tahun)	Curah hujan (mm)
2	34.435
5	69.823
10	98.628
25	139.959
50	173.780
100	209.893
200	248.313

### C. Analisis Perkiraan Debit Puncak Banjir Rancangan

#### Metode Weduwen

Luas DAS (A) = 191,279 km<sup>2</sup> (luas *catchment area* AWLR Gebong)

Panjang Sungai (L) = 37,568 km

Kemiringan Sungai (S) = 0,047

Perhitungan :

$$t_{\text{coba}} = 6,074 \text{ jam}$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}xA}{120+A} = 0.674$$

$$I = \frac{67.65}{t+1.45} = 8.991 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{km}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{I+7} = 0.744$$

$$t_{\text{hitung}} = \frac{0.476xA^{3/8}}{(\alpha\beta xI)^{1/8}xS^{1/4}} = 6.074 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai  $t_{\text{coba}} = t_{\text{hitung}}$ , sehingga Q maks dapat dihitung dengan persamaan (5) dengan hasil = 861.813 m<sup>3</sup>/det. Selanjutnya perhitungan debit banjir rancangan untuk berbagai kala ulang dihitung menggunakan persamaan (11) seperti disajikan pada tabel 6

Tabel 6 Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Weduwen

No.	Periode Ulang	Curah Hujan (Ri)	Waktu (t)	I	$\beta$	$\alpha$	Q (m <sup>3</sup> /dtk)
1	2	34.435	6.074	8.991	0.674	0.744	123.652
2	5	69.823	6.074	8.991	0.674	0.744	250.727
3	10	98.628	6.074	8.991	0.674	0.744	354.162
4	25	139.959	6.074	8.991	0.674	0.744	502.577
5	50	173.780	6.074	8.991	0.674	0.744	624.024
6	100	209.893	6.074	8.991	0.674	0.744	753.702
7	200	248.313	6.074	8.991	0.674	0.744	891.664

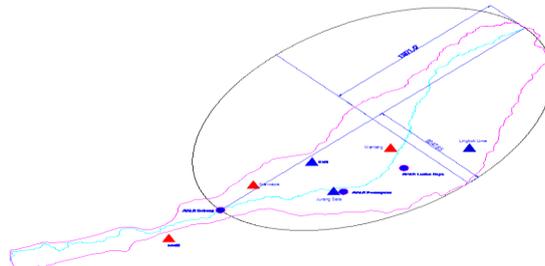
### Metode Melchior

Koefisien pengaliran ( $\alpha$ ) = 0,52 (ketetapan Melchior)

Luas Ellips :

Panjang Sumbu (a) = 27,743 km

Panjang Sumbu (b) = 18,495 km



Gambar 3. Ellips Daerah Aliran Sungai Babak

Menentukan luas ellips :

$$F = \frac{1}{4} \times \pi \times a \times b = 403 \text{ km}^2$$

Dengan nilai F di atas, maka  $\beta_1$  dihitung dengan persamaan (14),  $F = 403 = \frac{1970}{\beta_1^{-0,12}} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$

Maka diperoleh nilai  $\beta_1 = 1,889$

Icoba = 21,14 m<sup>3</sup>/dtk/km<sup>2</sup>

Q =  $\beta_1 \times \text{Icoba} \times F = 16084,978 \text{ m}^3/\text{dtk}$

V =  $1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} = 2.675 \text{ m}/\text{dtk}$

$t_c = \frac{10 \times L}{36 \times V} = 3.9 \text{ jam}$

$\beta_2 = 35 \%$ , sehingga  $\beta = \beta_1 \times \beta_2 = 0.661$

Menghitung nilai I :

$$I_{hitung} = \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ maksimum}}{36 \times t_c} = 21.14 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{km}^2$$

Dari hasil perhitungan nilai  $I_{coba} = I_{hitung}$ , sehingga  $Q_{maks} = \alpha \times I \times A = 0.52 \times 21.14 \times 191.279 = 2102,778 \text{ m}^3/\text{dtk}$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } Q_{maks} &= Q_{maks} = \alpha \times I \times A \times \frac{r}{200} \\ &= 2102,778 \times \frac{34,435}{200} \\ &= 362,045 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan debit maksimum dengan metode Melchior menggunakan persamaan (12) sampai (18), maka diperoleh Q maks = 362,045 m<sup>3</sup>/dtk. Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 7.

**Tabel 7. Perhitungan Debit Banjir Rancangan dengan Metode Melchior**

No	Periode Ulang (Tahun)	R24 mm	V m/dtk	Q m <sup>3</sup> /dtk	$\alpha$	$\beta$	I	tc	Q m <sup>3</sup> /dtk
1	2	34.435	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	362.046
2	5	69.823	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	734.111
3	10	98.628	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	1036.964
4	25	139.959	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	1471.514
5	50	173.780	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	1827.104
6	100	209.893	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	2206.792
7	200	248.313	2.675	16,084.978	0.52	0.661	21.14	3.9	2610.736

### Metode Haspers

Tahapan perhitungan debit banjir rancangan metode Haspers diantaranya ialah :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,075 \times A^{0,7}} = 0.372$$

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} = 4.6 \text{ jam}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4 \times t})}{t^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12} = 1.556$$

Maka nilai  $\beta = 0,643$

Oleh karena  $t_c = 4,6$  jam, maka r dihitung dengan persamaan (24) lalu I dihitung dengan persamaan (26) dan debit banjir rancangan dihitung dengan persamaan (19) dan menghasilkan  $Q_2 = 89,326$  m<sup>3</sup>/dtk. Perhitungan selanjutnya disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Debit banjir rancangan metode Haspers**

No	Periode Ulang (Tahun)	R24 mm	r mm	$\alpha$	$\beta$	I	tc	Q m <sup>3</sup> /dtk
1	2	34.435	30.737	0.372	0.643	1.876	4.6	85.696
2	5	69.823	62.324	0.372	0.643	3.803	4.6	173.764
3	10	98.628	88.035	0.372	0.643	5.372	4.6	245.449
4	25	139.959	124.927	0.372	0.643	7.623	4.6	348.306
5	50	173.780	155.115	0.372	0.643	9.465	4.6	432.474
6	100	209.893	187.350	0.372	0.643	11.432	4.6	522.346
7	200	248.313	221.643	0.372	0.643	13.525	4.6	617.959

### Analisis Frekuensi

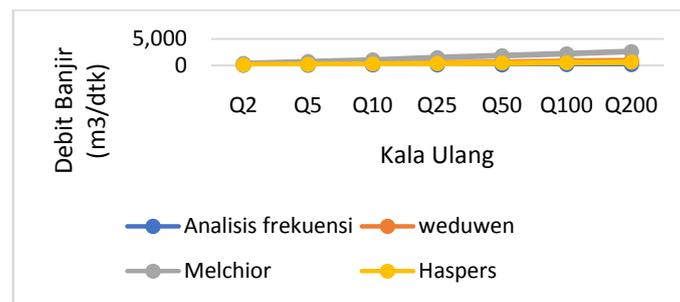
Perkiraan debit banjir dengan menggunakan metode Weduwen, Melchior, menghasilkan nilai debit banjir rancangan yang berbeda-beda. dengan demikian perlu diketahui nilai metode mana yang paling baik dengan cara membandingkan dengan perhitungan analisis frekuensi yang menggunakan data debit AWLR sebagai inputnya. Analisis frekuensi yang dilakukan untuk data debit dianggap akan menghasilkan debit banjir rancangan yang lebih baik karena langsung menggunakan data banjir hasil pengukuran. Sehingga analisis terhindar dari kesalahan yang terlalu besar akibat penyimpangan hasil yang dibawa saat pengolahan data hujan.

Besaran nilai debit banjir rancangan dihitung menggunakan persamaan (4) dengan berbagai kala ulang dan hasilnya disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9. Debit banjir rancangan sungai Babak dengan analisis frekuensi (*Annual Maximum Series*)**

No.	Periode Ulang (Tahun)	C	Debit (m <sup>3</sup> /dtk)
1	2	1	55.677
2	5	1,2768	71.088
3	10	1,5535	86.493
4	25	1,9470	108.402
5	50	2,3339	129.943
6	100	2,7606	153.701
7	200	3,2474	180.804

Hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan metode analisis frekuensi yang diolah dari data debit hasil pengukuran ini diyakini merupakan nilai terbaik dari besaran rancangan untuk Sungai babak. Oleh karena itu untuk mengukur kinerja ketiga metode yang lain, maka dilakukan perbandingan hasil debit banjir perolehan ketiga metode tersebut terhadap debit banjir hasil perhitungan analisis frekuensi. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang menggunakan metode Weduwen, Melchior, Haspers dan Analisis Frekuensi disajikan dalam Gambar 4.



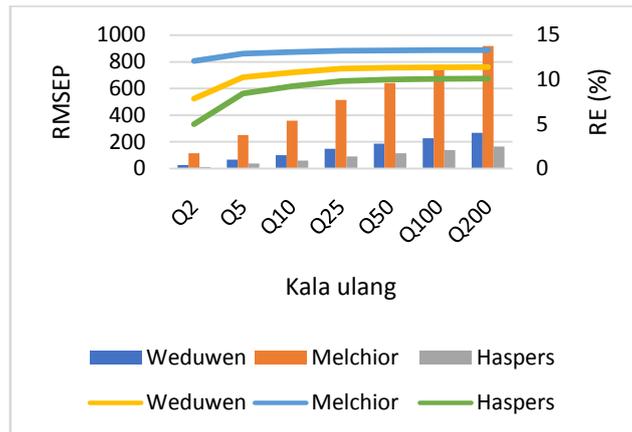
**Gambar 4. Debit banjir rancangan untuk berbagai kala ulang**

#### D. Evaluasi Ketelitian Metode

Evaluasi ketelitian dari ketiga metode yang digunakan dalam analisis dilakukan dengan membandingkannya dengan debit banjir rancangan dari hasil Analisis frekuensi, dan melihat seberapa jauh penyimpangan ketiga metode tersebut dari nilai kontrolnya. Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel 10 dan gambar 5.

**Tabel 10. Nilai Hasil Evaluasi Ketelitian Metode**

No	Kala Ulang	RMSEP			RE (%)		
		Weduwen	Melchior	Haspers	Weduwen	Melchior	Haspers
1	Q2	25.69	115.80	11.35	7.85	12.09	5.00
2	Q5	67.90	250.60	38.81	10.24	12.90	8.44
3	Q10	101.17	359.24	60.08	10.80	13.09	9.25
4	Q25	148.98	515.21	90.68	11.20	13.23	9.84
5	Q50	186.74	641.47	114.35	11.31	13.27	9.99
6	Q100	226.78	776.00	139.33	11.37	13.29	10.08
7	Q200	268.68	918.43	165.23	11.39	13.30	10.11
Rata-rata		146.56	510.96	88.55	10.59	13.03	8.96



**Gambar 5. Grafik Evaluasi Ketelitian Metode**

Grafik di atas menggambarkan perbedaan hasil perkiraan debit banjir sungai Babak yang menggunakan tiga metode perhitungan dengan cara Weduwen, Melchior dan Haspers menunjukkan adanya perbedaan hasil yang cukup besar dari ketiga metode. Berdasarkan hasil analisis diperoleh gambaran bahwa metode Haspers adalah yang paling mendekati dari ketiga metode yang diujikan meski masih memiliki tingkat kesalahan yang besar, *relative errors* sebesar 8.96% dan nilai RMSEP sebesar 88.85.

## Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada bagian sebelumnya, maka dapat dilihat bahwa ketiga metode memberikan hasil yang terpaut sangat jauh dari metode analisis frekuensi sebagai besaran acuan. Ketiga metode memperoleh hasil yang terlalu besar dan cenderung *overestimated*. Metode Melchior menunjukkan keterpautan hasil yang paling besar, yaitu sebesar 1117% . Diikuti kemudian metode Weduwen dan Haspers dengan selisih overestimasi sebesar masing-masing 315.95% dan 188.27%.

Hal ini menunjukkan bahwa penerapan metode ini untuk Sungai Babak masih belum menunjukkan hasil yang memuaskan dilihat dari tingginya kesalahan relative dari masing-masing metode. Namun diantara ketiga metode tersebut, metode Haspers lah yang memiliki tingkat kesalahan paling rendah, yaitu sebesar 8.96% dan RMSEP rerata sebesar 88.55.

Hal ini sejalan dengan penelitian keandalan metode Haspers dan Weduwen yang dinyatakan tidak memuaskan dan tidak andal untuk diterapkan di Sungai Manikin karena memiliki nilai akurasi yang rendah (Nasjono, 2018), dinyatakan debit banjir hasil HSS metode Nakayasu lebih baik dibandingkan Melchior (Syofyan, 2018). Namun hasil yang berbeda diperoleh dimana metode Haspers dan Weduwen dinyatakan mendapat hasil yang moderat sementara Melchior mendapat hasil yang ekstrim rendah (Surentu, 2016)

Namun demikian metode ini tetap digunakan dalam berbagai perencanaan seperti metode Haspers dan Melchior yang digunakan dalam menentukan debit banjir rancangan dalam perencanaan sistem drainase kota Medan (Harahap, 2014), perencanaan Bendung Randangan (Hilmari, 2017), dan perencanaan pengendalian banjir di Sungai Tuntang (Maulana, 2018)

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode Weduwen, Melchior, dan Haspers untuk Sungai Babak menghasilkan debit rancangan yang terlalu besar, sehingga untuk pemakaian di lokasi studi masih membutuhkan banyak penyesuaian.
2. Dari evaluasi ketiga metode, Haspers menghasil debit banjir rancangan paling mendekati debit banjir rancangan yang dihitung menggunakan analisis frekuensi dengan data pengukuran, dibandingkan metode Weduwen dan Melchior. Dimana Haspers memberikan angka kesalahan relatif sebesar 8.93% dan RMSEP rerata sebesar 88.55.

## DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, Rumilla., Kemala Jeumpa, Bambang Hadibroto (2014), *Sistem Drainase Sebagai Pengendalian Banjir Kota Medan*, Jurnal Sainika Vol. 14(1). Pp 76-83
- Harto, Sri, Br., (1993), *Analisa Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hilmari, Indra Pratama., (2017), *Analisis Debit Banjir Rancangan Untuk Perencanaan Bendung Randangan*, Jurnal Peradaban Sains, rekayasa dan teknologi, STITEK Bina Taruna Gorontalo Vol 2. No 1. Pp 17-20
- Jayadi, Rahmad, Dr.,Ir.,M.Eng., (2014), *Hidrologi*, Universitas Gadjah mada.
- Kamiana, I Made., 2011, *Teknik Perhitungan Debit Banjir Rencana Bangunan Air*, Yogyakarta, Graha Ilmu,
- Maulana, Ikhsan., Sutra Ayu Lukita, Suharyanto, Sumbogo Pranoto, (2017), *Perencanaan Pengendalian Banjir Sungai Tuntang Di Desa Trimulyo Kabupaten Demak*, Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol 6. No 4. Pp. 447-459
- Nasjono, Judi K., Elia Hunggurami, Mariana G. Sarty., (2018), *Keandalan Metode Haspers dan Weduwen Pada DAS Manikin*, Jurnal Teknik Sipil Vol. VII, No.2. pp. 193-203
- Reed, W., Duncan., (2002), *Reinforcing flood-risk estimation*, Philosophical Transaction : mathematical, Physical and Engineering Sciences No 1796, Flood Risk in a Chnaging Climate (Jul. 15, 2002), pp. 1373-1387, The Royal Society.
- Surentu, Anugerah A. J., I sri R. Mangangka, E. M. Wuisan, (2016), *Analisa Debit Banjir Sungai Ranoyapo Di Desa Lindangan, Kec.Tompaso Baru, Kab. Minahasa Selatan*, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 pp. 665-674
- Syofyan. Z, Muhammad Cornal Rifa'i., (2018), *Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Banjir Pada DAS Batang Arau Padang*, Jurnal Menara Ilmu Vol VIII. No 3, pp. 134-144
- Triatmodjo Bambang,(2008),*Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta