

## ANALISIS KARAKTERISTIK HUJAN UNTUK PENDUGAAN DEBIT ALIRAN RENCANA SUNGAI ANAFRI DI KOTA JAYAPURA

Nurfaijin

faizinjpr@yahoo.com

Badan Meteorologi dan Geofisika, Sentani Jayapura

### INTISARI

Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik hujan wilayah DAS Anafri, menghitung debit aliran rencana, dan mengkaji kapasitas Sungai Anafri dalam merespon pengalirragaman hujan menjadi aliran permukaan. Kajian karakteristik hujan yakni ketebalan, intensitas, dan durasi hujan dilakukan dengan analisis statistik data hujan. Analisis distribusi data hujan diasumsikan sesuai dengan Metode Gumbel, sehingga untuk menentukan hujan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun menggunakan persamaan Gumbel. Hujan periode ulang digunakan untuk menghitung debit aliran rencana Metode Rasional. Analisis kapasitas sungai dilakukan dengan membandingkan debit aliran rencana dalam periode ulang  $T$  dengan kapasitas sungai. Penghitungan kapasitas sungai dilakukan pada penampang  $P_1$  (bagian hulu),  $P_2$ , dan  $P_3$  (bagian hilir). Debit aliran rencana yang digunakan dalam analisis kapasitas sungai adalah debit aliran  $Q_{25}$  tahun ( $107,478 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan  $163,726 \text{ m}^3/\text{detik}$ ). Hasil analisis menunjukkan bahwa, terjadinya limpasan pada penampang sungai  $P_1$  dan  $P_2$  pada saat menampung debit banjir yang diketahui penyebab utamanya adalah bank full capacity kecil, maka alternatif penanganan yang direkomendasikan adalah peninggian tanggul sungai. Analisis kapasitas sungai menggunakan debit banjir periode ulang 25 tahun menunjukkan bahwa, terjadi limpasan pada lokasi penampang  $P_1$  sampai  $P_2$  dengan panjang ruas 400 m yang terjadi pada tanggul sisi kanan dan tanggul sisi kiri dengan panjang ruas 40 meter. Limpasan terjadi setinggi 0,1 m hingga 1,6 m pada tanggul sisi kanan dan 0,1 m hingga 0,3 m pada tanggul sisi kiri, sehingga peninggian tanggul yang direkomendasikan adalah setinggi 1,6 m pada sisi kanan dan 0,3 m pada tanggul sisi kiri.

Kata Kunci : Karakteristik Hujan, Debit Aliran, Kapasitas Sungai

### ABSTRACT

This study aims to examine the characteristics of rainfall watershed of Anafri, calculate the flow rate plan, and assess the river capacity to respond diversion of rain to be surface runoff. In this study, the analysis of rainfall data distribution is assumed to correspond to the Gumbel method, so as to determine the rainfall return period of 2 years, 5 years, 10 years, and 25 years using Gumbel equation. The return period of rainfall use to calculate the flow rate Rational Method. Calculations of the river capacity performed on the  $P_1$  cross section,  $P_2$ , and  $P_3$  flow rate plan used in the analysis of river capacity is the  $Q_{25}$  years ( $107,478 \text{ m}^3/\text{s}$  and  $163,726 \text{ m}^3/\text{s}$ ). The results of the analysis show that, river overflowing on the cross section of  $P_1$  and  $P_2$  at the time a flood discharge accomadate is known the main cause was bank full capacity is small, then the alternative treatment was recommended elevation embankment. Analysis capacity of river by using a return period of 25 years show that runoff occurred at locations  $P_1$  to  $P_2$  with a length of 400 m which occurred on the right side

*of the levee and embankment on the left side with the length of 40 m. Runoff occurs as high as 0.1 m to 1.6 m the embankment on the right side and 0.1 m to 0.3 m on the left side, so the recommended levee elevation is as high as 1.6 m on the right side and 0.3 m on the left side embankment.*

**Keywords :** Rainfall Characteristic, Flow Rate, Capacity of River

## PENDAHULUAN

Sungai Anafri yang terletak di wilayah Kota Jayapura merupakan sungai utama DAS Anafri yang memiliki luas DAS 6.519 km<sup>2</sup> dimana bagian hilirnya sepanjang ± 2 km melewati Kota Jayapura. Sungai Anafri memiliki arti penting bagi masyarakat Kota Jayapura yaitu sebagai sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, namun sungai ini sering banjir pada saat terjadi hujan lebat. Sepanjang bantaran Sungai Anafri di Kelurahan Gurabesi merupakan daerah permukiman yang cukup padat sehingga pada saat terjadi banjir air menggenangi permukiman penduduk. Banjir yang hampir setiap tahun terjadi di Sungai Anafri selain akibat proses alam yaitu adanya hujan lebat, juga disebabkan karena adanya kegiatan perladangan dan penambangan liar di wilayah hulu Sungai Anafri yang merupakan kawasan Cagar Alam Pegunungan Cyclop (Hutajalu, 2010). Mengingat kondisi sungai tersebut, perlu dilakukan langkah-langkah dalam rangka meminimalisir terjadinya bencana banjir akibat meluapnya sungai.

Upaya untuk menanggulangi keadaan tersebut diatas, perlu dilakukan langkah-langkah survei dan analisis terhadap debit aliran sungai. Salah satu bagian dalam upaya penanggulangan bencana banjir akibat meluapnya sungai adalah mengetahui seberapa besar debit puncak yang terjadi akibat turunnya hujan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran debit aliran sungai terutama dalam kaitannya dengan kapasitas sungai dalam merespon pengalihan ragam hujan menjadi aliran permukaan. Debit puncak di suatu lokasi di sungai dapat diperkirakan berdasarkan data hujan

dengan menggunakan Metode Rasional (Triatmodjo, 2008).

Hujan merupakan faktor meteorologis yang merupakan input utama kejadian banjir di suatu wilayah. Karakteristik hujan meliputi ketebalan, intensitas, durasi dan distribusi hujan yang jatuh di suatu DAS. Usaha maksimal terhadap dampak hujan yang dapat dilakukan manusia adalah mengenali karakteristik hujan atas keberadaannya dalam ruang, waktu dan kuantitasnya. Sifat-sifat hujan yang jatuh di suatu DAS akan mempengaruhi karakteristik keluaran, sehingga dipandang sangat penting untuk mengkaji karakteristik hujan suatu daerah (Hadi, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkaji karakteristik hujan yang meliputi tebal hujan, intensitas hujan dan lama hujan (durasi) di daerah penelitian, (2) menentukan debit aliran rencana Sungai Anafri di Kota Jayapura berdasarkan Metode Rasional, dan (3) mengkaji kapasitas Sungai Anafri dalam kaitannya dengan ancaman banjir di Kota Jayapura

## METODE PENELITIAN

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan dari Stasiun Geofisika Angkasapura Kota Jayapura, peta topografi Kota Jayapura, peta tanah Kota Jayapura, Citra Landsat TM resolusi 30 meter Tahun 2007, dan data geometri Sungai Anafri. Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah perangkat laptop, Printer Epson T30, Sistem Operasi Windows XP, Software SIG (ArcGIS 9.3), Microsoft

Office 2007, Microsoft Excell 2007, Rainbow 1.1.

#### Pengolahan Data Hujan

Pengolahan data curah hujan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Data hujan otomatis dilakukan pengelompokan data berdasarkan durasinya.
2. Menghitung besarnya intensitas hujan untuk setiap durasi hujan. Besarnya intensitas hujan dihitung dengan persamaan :

$$I = \frac{R}{t} \dots \dots \dots (1)$$

dengan keterangan:

*I* = intensitas hujan (mm/jam),

*R* = ketebalan hujan (mm), dan

*t* = durasi hujan (jam)

3. Menentukan nilai parameter statistik data hujan yaitu rata-rata, standard deviasi, koefisien skewness ( $C_s$ ), dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ).
4. Menentukan data hujan harian maksimum pada tiap-tiap tahun

#### Pembuatan Peta Untuk Menentukan Koefisien Aliran Permukaan

Pembuatan peta untuk menentukan koefisien aliran permukaan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

##### 1. Pembuatan Peta Kemiringan Lereng

Pembuatan peta kemiringan lereng dilakukan dengan memanfaatkan data kontour yang diperoleh dari peta topografi skala 1: 50.000 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Peta topografi dilakukan digitasi untuk memperoleh layer kontour dengan menggunakan *Software ArcGis 9.3*
- b. Analisis layer kontour dengan menggunakan Extensi *3D analis* pada *ArcGIS 9.3* untuk memperoleh peta lereng dan peta *DEM*
- c. Peta lereng digunakan untuk menentukan kemiringan, panjang sungai, dan luas *DAS*
- d. Peta *DEM* digunakan untuk membantu mendeliniasi batas *DAS* secara manual
- e. Klasifikasi kemiringan lereng dengan pemberian harkat berdasarkan Metode Cook seperti pada Tabel 1:

Tabel 1. Klasifikasi Kemiringan Lereng Metode Cook

NO	Klas	Kemiringan (%)	Harkat
1	I	0 - 5	10
2	II	5 - 10	20
3	III	10 - 30	30
4	IV	> 30	40

Sumber : *Gunawan* (1991)

##### 2. Penghitungan Timbunan Air Permukaan

Hujan yang terus berlangsung apabila melebihi kapasitas infiltrasi akan membentuk timbunan air dipermukaan. Pada

penelitian ini timbunan air permukaan didekati dengan menghitung kerapatan aliran. Untuk menghitung tingkat kerapatan aliran dilakukan dengan mempertimbangkan besarnya rasio

antara panjang sungai dengan luas DAS. Dalam penelitian ini kerapatan aliran dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Linsley, 1959) :

$$Dd = \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2)$$

dengan keterangan:

$Dd$  = kepadatan aliran ( $\text{km}/\text{km}^2$ ),

$L$  = jumlah panjang alur sungai (km), dan

$A$  = luas DAS ( $\text{km}^2$ )

Klasifikasi nilai kerapatan aliran yang diperoleh berdasarkan rumus diatas yang disesuaikan terhadap timbunan air permukaan Metode Cook seperti pada Tabel 2.

### 3. Interpretasi Visual Citra Landsat TM

Citra Landsat TM resolusi 30 meter digunakan untuk memperoleh peta tutupan lahan dengan menggunakan inter-

pretasi visual. Dari masing-masing klasifikasi tutupan lahan kemudian dihitung luasnya. Langkah untuk memperoleh klasifikasi tutupan lahan beserta luasnya dilakukan dengan menggunakan *Software ArcGis 9.3*. Klasifikasi tutupan lahan yang diperoleh berdasarkan hasil interpretasi Citra Landsat TM dilakukan uji lapangan. Tujuan uji lapangan adalah untuk membandingkan klasifikasi tutupan lahan hasil interpretasi citra dengan kondisi sebenarnya di wilayah penelitian. Uji lapangan dilakukan dengan cara survei langsung ke lokasi penelitian terutama wilayah-wilayah yang bisa dijangkau. Klasifikasi tutupan lahan yang disesuaikan dengan metode Cook dilakukan berdasarkan Tabel 3.

Tabel 2. Klasifikasi Kerapatan Aliran Terhadap Timbunan Air Permukaan Metode Cook

Kerapatan Aliran ( $\text{mil}/\text{mil}^2$ )	Klasifikasi Linsley	Klasifikasi Metode Cook	Harkat
>5	Pengeringan terlalu ekstrim	Depresi permukaan dangkal, daerah pengaliran curam, tidak ada rawa	20
2-5	Sistim saluran cukup baik	Sistim drainase baik	15
1-2	Depresi permukaan agak besar, aliran permukaan cukup, terdapat banyak rawa	Normal, depresi permukaan dipertimbangkan, ada danau, atau rawa <2% daerah pengaliran	10
<1	Selalu mengalami genangan	Drainase jelek, timbunan air permukaan besar	5

Sumber : Linsley (1959) dan Meijerink (1970)

### 4. Pembuatan Peta Klasifikasi Infiltrasi Tanah

Metode Cook menggolongkan kemampuan infiltrasi menjadi 4

klas yaitu (Indriatmoko dan Haryoto, 1998) :

- a. Klas infiltrasi tinggi misalnya pasir

- b. Klas infiltrasi sedang misalnya tanah lempung sehingga kapasitas infiltrasi diabaikan.
- c. Klas infiltrasi lambat misalnya tanah liat Klasifikasi infiltrasi tanah menurut klasifikasi metode Cook dilakukan seperti pada Tabel 4.
- d. Klas infiltrasi sangat lambat misalnya lapisan tanah tipis

Tabel 3. Klasifikasi Dasar Tutupan Lahan dengan Harkat yang Disesuaikan dengan Klasifikasi Vegetasi Penutup pada Metode Cook

Klasifikasi bentuk tutupan lahan	Karakteristik tutupan lahan berdasarkan Tabel Cook	Harkat
Permukiman, permukaan di perkeras, lahan terbuka	Tumbuhan penutup tidak efektif	20
Pertanian, semak	Tumbuhan penutup kurang-sedang, pertanian yang diolah tumbuhan alami kurang	15
Hutan tak rapat, kebun campuran, padang rumput	Tumbuhan penutup sedang-haik, , hutan atau tumbuhan penutup >50%	10
Hutan rapat, tutupan vegetasi rapat hingga sangat rapat	Tumbuhan penutup baik-sangat baik, daerah pengaliran tertutup baik oleh rumput, hutan atau tumbuhan penutup>90%	5

Sumber : *Meijerink (1970)*

Tabel 4. Hubungan Antara Tekstur Tanah Permukaan dengan Tingkat Infiltrasi

Tekstur Tanah	Tingkat Infiltrasi	Klasifikasi Menurut Metode Cook	Harkat
Pasir, pasir bergeluh	Tinggi	Pasir dalam, tanah teragregasi baik	5
Geluh berpasir, geluh berdebu, geluh, geluh berlempung	Normal	Tanah geluh, tanah berstruktur liat	10
Lempung	Lambat	Infiltrasi lambat, tanah lempung	15
Batuan dengan lapisan tanah tipis	Tidak efektif	Tak ada penutupan tanah yang efektif, batuan padatan tipis	20

Sumber : *Meijerink (1970)*

### Penentuan Koefisien Aliran Dengan Metode Cook

Menurut *Gunawan*, (1991), faktor karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menghasilkan besarnya limpasan permukaan adalah relief (kemiringan lereng), infiltrasi, tutupan lahan, dan timbunan air permukaan. Dalam penelitian ini, untuk menentukan besarnya koefisien aliran permukaan berdasarkan metode Cook yaitu dengan *overlay* peta kemiringan lereng, timbunan air permukaan, tutupan lahan, dan infiltrasi tanah yang telah dilakukan klasifikasi berdasarkan nilai skor. Hasil *overlay* peta tersebut akan menghasilkan data tabulasi yang berisi kolom luasan bentuk lahan dan kolom jumlah skor yang dipakai untuk menghitung koefisien aliran. Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya koefisien aliran masing-masing luasan bentuk lahan adalah (*Indriatmoko*, dan *Haryoto*, 1998) :

$$C = \frac{LBL}{JS} \times Luas DAS \dots \dots \dots (3)$$

dengan keterangan:

$C$  = koefisien aliran,  
 $LBL$  = luasan bentuk lahan, dan  
 $JS$  = jumlah Skor

### Penentuan Waktu Konsentrasi Aliran

Parameter morfometri DAS yang digunakan untuk menentukan waktu konsentrasi aliran adalah panjang sungai dan kemiringan lereng. Dalam penelitian ini untuk menentukan besarnya waktu konsentrasi menggunakan persamaan yang telah dikembangkan oleh *Kirpich*, (1940) dalam *Seyhan*, (1977) :

$$t_c = 0,0078 \times \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

dengan keterangan:

$t_c$  = konsentrasi aliran (menit),  
 $L$  = panjang maksimum berpindahanya air

dari suatu titik pada batas DAS ke titik pelepasannya (ft), dan

$S$  = perbedaan tinggi antara titik pada batas DAS dan titik pelepasannya (ft).

### Penentuan Koefisien Kekasaran Saluran

Dari beberapa faktor utama yang mempengaruhi koefisien kekasaran aliran, *Cowan*, (1956) dengan pendekatan visual telah mengembangkan suatu cara untuk memperkirakan besarnya  $n$  yaitu :

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \dots \dots (4)$$

Penentuan besarnya nilai  $n$  dalam penghitungan koefisien kekasaran Manning dilakukan dengan pendekatan visual kondisi sungai yaitu bahan pembentuk saluran, derajat ketidakteraturan, variasi penampang melintang sungai, efek relatif dari hambatan, kondisi tumbuhan di sungai, dan derajat meander sungai. Nilai koefisien masing masing parameter kondisi sungai seperti disajikan dalam Tabel 5.

### Penghitungan Kapasitas sungai

Kapasitas sungai dihitung berdasarkan data geometri sungai yaitu data penampang sungai pada lokasi penampang yang ditentukan. Kapasitas sungai merupakan hasil perkalian antara kecepatan aliran dan luas penampang. Kapasitas tiap penampang dihitung dengan menggunakan rumus Manning yaitu (*Chow*, 1959) :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

Dengan keterangan:

$V$  = kecepatan aliran rata-rata (m/detik),  
 $n$  = koefisien kekasaran Manning,  
 $R$  = jari-jari hidraulis (m),  
 $S$  = kemiringan permukaan aliran.

### Metode Analisis

Metode analisis dalam penelitian dilakukan dengan tiga tahap pokok analisis yaitu 1) analisis data hujan, 2) analisis debit aliran rencana, dan 3) analisis kapasitas sungai.

Tabel 5 Nilai Koefisien Kekasaran Saluran Menurut Cowan (1956)

Keadaan Saluran			Nilai
	Tanah		0,020
Bahan Pembentuk	Batu pecah	$n_0$	0,025
	Kerikil halus		0,024
	Kerikil kasar		0,028
Derajat Ketidakteraturan	Sangat kecil		0,000
	Sedikit	$n_1$	0,005
	Sedang		0,010
	Besar		0,020
Variasi Penampang Melintang Sungai	Bertahap		0,000
	Kadang2 berganti	$n_2$	0,005
	Sering berganti		0,010-0,015
Efek Relatif Dari Hambatan	Dapat diabaikan		0,000
	Kecil	$n_3$	0,010-0,015
	Cukup		0,020-0,030
	Besar		0,040-0,060
Tetumbuhan	Rendah		0,005-0,010
	Sedang	$n_4$	0,010-0,025
	Tinggi		0,025-0,050
Derajat Meander	Kecil		1,000
	Cukup	$m$	1,150
	Besar		1,300

Sumber : Cowan (1956)

### Analisis Data Hujan untuk Memperoleh Karakteristik Hujan

Analisis data hujan dilakukan dengan menggunakan metode statistik untuk memperoleh karakteristik hujan yaitu ketebalan, intensitas, durasi hujan, dan menentukan intensitas hujan periode ulang di wilayah penelitian. Analisis data hujan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

#### 1. Ketebalan Hujan

Ketebalan hujan merupakan jumlah kumulatif hujan yang terekam atau tercatat oleh penakar hujan di suatu wilayah. Ketebalan hujan yang dapat mencirikan kondisi hujan suatu wilayah adalah dalam bentuk rata-rata ketebalan hujan baik harian, dekade, bulanan maupun tahunan dengan seri data yang cukup

panjang. Menurut Handoko, (1995), Curah hujan harian, dekade, bulanan maupun tahunan diperoleh dengan menjumlahkan curah hujan harian hasil pengukuran sesuai dengan periode waktu yang diperlukan.

#### 2. Intensitas dan Durasi Hujan

Intensitas hujan merupakan ketebalan hujan yang terjadi pada suatu wilayah dalam kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi. Proses waktu terjadinya hujan dari mulai sampai berhenti hujan sering disebut dengan durasi hujan dalam satuan menit atau jam. Untuk memperoleh karakteristik berupa intensitas dan durasi hujan di suatu DAS dapat diperoleh dengan prosedur (Sukadi dan Sudjarsadi, 2005) :

- a. Membuat tabel data hujan (Tabel 6)
- b. Menentukan kelas interval intensitas hujan yang dihitung dengan rumus Sturges yaitu (Sugiyono, 2010) :

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(6)$$

dengan keterangan:  
*K* = jumlah kelas interval,  
*N* = jumlah data, dan  
*Log* = logaritma

- c. Kolom *N* data diisi jumlah data semua durasi pada masing-masing interval intensitas hujan, sedangkan kolom durasi rata-rata masing-masing interval intensitas hujan diisi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{D}_i = \frac{(n_1 \times t_1) + (n_2 \times t_2) + \dots + (n_i \times t_i)}{N_i} \dots\dots\dots(7)$$

dengan keterangan:  
 $\bar{D}_i$  = durasi rata-rata pada interval intensitas hujan ke-*i*,  
*n<sub>i</sub>* = jumlah data intensitas pada durasi *t<sub>i</sub>* dan pada interval intensitas hujan  $x_i < I_i \leq y_i$ ; dan  
*N<sub>i</sub>* = jumlah total data pada semua durasi pada interval intensitas ke-*i*

- d. Total rata-rata durasi intensitas hujan ditetapkan sebagai durasi rata-rata hujan DAS.

**3. Intensitas Hujan Rencana**  
 Penentuan intensitas hujan rencana, dilakukan analisis frekuensi data hujan. Pendekatan umum yang digunakan untuk keperluan analisis frekuensi adalah metode statistika yang digunakan untuk meramalkan kejadian sesungguhnya berdasarkan suatu seri data yang tersedia (Wilson, 1990). Analisis frekuensi yang perlu dilakukan pada dasarnya adalah menentukan besarnya faktor frekuensi (*K*) yang berhubungan dengan periode ulang (*T*) tertentu dalam satuan waktu (tahun). Untuk setiap metode prosedur analisis frekuensi untuk mendapatkan nilai *K* dinyatakan dengan *y* dari kejadian hidrologi untuk berbagai periode ulang yang dinyatakan dengan *T*. Secara umum prosedur tersebut adalah (Chow, 1964):

- a. Penyiapan data curah hujan yang dibutuhkan untuk analisis.
- b. Penghitungan parameter yang dibutuhkan seperti besaran rata-rata, *coefficient of variation* (*Cv*) dan *coefficient of skewness* (*Cs*)

Tabel 6. Analisis Durasi Hujan Rata-rata DAS

Durasi (jam) \ Intensitas (mm.jam)	Frekwensi Hujan					Jumlah Data (N)	Durasi Rata-rata (Jam)
	<i>t<sub>1</sub></i>	<i>t<sub>2</sub></i>	—	—	<i>t<sub>n</sub></i>		
$x_1 < I_1 \leq y_1$						<i>N<sub>1</sub></i>	
$x_2 < I_2 \leq y_2$						<i>N<sub>2</sub></i>	
...						...	
$x_i < I_i \leq y_i$						<i>N<sub>i</sub></i>	
	Durasi rata-rata						

Sumber : Sukadl dan Sudjarwadi, 2006

- c. Tentukan nilai  $K$  yang sesuai dengan periode ulang ( $T$ ) yang diberikan
- d. Penghitungan besaran hidrologi ( $y$ ) untuk periode ulang ( $T$ ) yang diberikan
- e. Dalam Chow, (1964), besaran hidrologi ( $y$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{y}{\bar{y}} = 1 + C_v k \quad \dots\dots\dots(8)$$

Semua tahapan perhitungan analisis frekuensi data hujan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software *RAINBOW for Windows version 1.1*. Input data berupa data hujan harian maksimum tahunan pada periode tahun 1995-2010 dan distribusi yang digunakan adalah distribusi Gumbel. Analisis frekuensi menggunakan metode Gumbel menyatakan bahwa metode ini telah memberikan hasil yang memuaskan pada analisis frekuensi berbagai kejadian hidrologi (Chow, 1964).

Penentuan besarnya intensitas hujan pada setiap periode ulang dihitung dengan persamaan (Loebis, 1992) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(9)$$

dengan keterangan:

- $I$  = intensitas hujan (mm/jam),
- $T$  = durasi hujan (jam),
- $R_{24}$  = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

Analisis hubungan dua parameter karakteristik hujan yang penting berupa intensitas dan durasi hujan dapat dihubungkan secara statistik

dengan suatu frekuensi kejadian karakteristik hujan. Penyajian secara grafik hubungan ini adalah berupa kurva *Intensity-Duration-Frequency* (IDF) (Loebis, 1992). Menurut Handayani dkk, (2007), tujuan penggambaran kurva IDF adalah untuk mempermudah dalam menentukan intensitas hujan berdasarkan durasi hujan yang terjadi. Penggambaran kurva IDF dilakukan dengan intensitas hujan sebagai absis sedangkan durasi hujan sebagai ordinatnya. Adapun frekuensi kejadian hujan digambarkan dalam bentuk kurva lengkung periode ulang.

#### Penghitungan Debit Aliran Rencana

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperkirakan debit aliran rencana yaitu Metode Rasional. Menurut Gunawan, (1991), bahwa pendugaan debit puncak dengan Metode Rasional merupakan penyederhanaan besaran-besaran terhadap suatu proses penentuan aliran permukaan yang rumit, akan tetapi metode tersebut dianggap akurat untuk menduga aliran permukaan dalam rancang bangun yang relatif murah, sederhana, dan memberikan hasil yang dapat diterima (*reasonable*). Adapun persamaan Metode Rasional adalah (Chow, 1988) :

$$Q = 0,278CIA \quad \dots\dots\dots(10)$$

dengan keterangan:

- $Q$  = Debit aliran ( $m^3/detik$ ),
- $C$  = koefisien aliran,
- $I$  = intensitas hujan (mm/jam), dan
- $A$  = luas DAS ( $km^2$ )

Konstanta 0,278 adalah faktor konversi debit aliran ke satuan ( $m^3/detik$ ) (Seyhan, 1990). Koefisien aliran ( $C$ ) yang digunakan dalam Metode Rasional adalah koefisien aliran yang diperoleh dengan menggunakan Metode Cook, sedangkan intensitas hujan yang digunakan diperoleh

berdasarkan kurva IDF. Durasi hujan ( $I$ ) yang digunakan adalah durasi yang sama atau mendekati waktu konsentrasi aliran ( $t_c$ ) yang diperoleh berdasarkan persamaan Kirpich.

#### Analisis Kapasitas Sungai Anafri

Kapasitas sungai didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu ditampung oleh setiap penampang sepanjang alur sungai. Kapasitas sungai ini, digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh sungai tanpa terjadi peluapan air. Dari hasil penghitungan kapasitas sungai pada tiap penampang, langkah selanjutnya adalah evaluasi kapasitas penampang sungai terhadap debit aliran rencana dan evaluasi tinggi tanggul sungai pada setiap penampang terhadap elevasi muka air banjir.

##### 1. Evaluasi Kapasitas Sungai Terhadap Debit Aliran Rencana

Kapasitas sungai adalah debit maksimum yang mampu ditampung oleh penampang sungai tanpa terjadi luapan. Debit aliran rencana adalah debit aliran yang dihitung dengan menggunakan Metode Rasional. Langkah evaluasi dilakukan dengan membandingkan besarnya kapasitas sungai dengan debit aliran rencana. Luapan air banjir akan terjadi jika debit aliran rencana yang mengalir melebihi kapasitas sungai.

##### 2. Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir Terhadap Tanggul Sungai

Elevasi tanggul sungai adalah ketinggian tanggul sungai pada setiap penampang yang diukur dari dasar sungai. Elevasi muka air banjir adalah tinggi muka air pada saat terjadi banjir yang dihitung berdasarkan debit aliran rencana. Untuk menentukan elevasi muka air banjir dilakukan

dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menurunkan persamaan hubungan elevasi muka air dengan debit banjir pada tiap penampang sungai berdasarkan Metode Manning.
- b. Menghitung elevasi muka air berdasarkan debit aliran rencana dengan menggunakan Metode Iterasi berdasarkan persamaan pada poin 1).
- c. Evaluasi elevasi muka air banjir terhadap elevasi tanggul sungai pada setiap penampang sungai
- d. Luapan air sungai akan terjadi jika elevasi muka air banjir melebihi elevasi tanggul sungai, sedangkan selisih elevasi muka air banjir dengan elevasi tanggul merupakan tinggi luapan air banjir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Wilayah Penelitian

Lokasi penelitian merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang di dalamnya terdapat aliran Sungai Anafri dengan panjang sungai utama 3,235 km DAS Anafri terletak di wilayah Kelurahan Gurabesi Distrik Jayapura Utara. Secara astronomis DAS Anafri terletak antara 462851,741mT - 467514,791mT dan 9719062,812mU - 9718296,398mU. Luas DAS Anafri ± 6,519 km<sup>2</sup> pada sebelah utara berbatasan dengan Kelurahan Bhayangkara Distrik Jayapura Utara, Sebelah Timur berbatasan dengan Teluk Hollandia, sebelah Selatan berbatasan dengan Kelurahan Argapura dan Numbay Distrik Jayapura Selatan, dan sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Jayapura. Kondisi tanah DAS Anafri termasuk dalam klasifikasi oxisol yang terbuat dari bahan induk plutonik, sublandform perbukitan volkan dengan relief berbukit. Kondisi tanah merupakan tanah yang telah terlapuk sangat lanjut, bertekstur tanah liat dan daya menahan air

kecil. Tutupan lahan (vegetasi) yang terdapat pada DAS Anafri tersusun oleh jenis-jenis lahan hutan, semak belukar, kebun campuran, tanah terbuka, lahan terbangun. Hutan merupakan tutupan lahan terluas yaitu 66.5 % dari luas DAS.

### Karakteristik Hujan

#### 1. Ketebalan Hujan

Hasil analisis data curah hujan secara umum menunjukkan bahwa curah hujan di DAS Anafri Kota Jayapura banyak terjadi pada bulan Januari-April dan Nopember-Desember. Curah hujan dari bulan Januari-Desember memiliki rata-rata ketebalan hujan minimum sebesar 4.11 mm pada bulan Nopember dan maksimum sebesar 7.95 mm pada bulan Januari. Berdasarkan analisis parameter statistik nilai *skewness* melebihi angka 0,5 yaitu minimum sebesar 1,64 pada bulan Juni dan maksimum sebesar 5,05 pada bulan Juli. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi data cenderung mengumpul pada kisaran nilai ketebalan hujan antara 0,1-7,0 mm. Rata-rata intensitas hujan memiliki nilai minimum sebesar 11.67 mm/jam pada bulan Desember dan maksimum sebesar 24.34 mm/jam pada bulan Januari. Besarnya nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa wilayah DAS Anafri sering terjadi hujan lebat (10-20 mm/jam). Selain itu, kisaran nilai rata-rata intensitas hujan yaitu 11,67-24,34 mm/jam yang terjadi pada bulan Januari-Desember, menunjukkan bahwa pada tiap-tiap bulan sepanjang tahun di terdapat kejadian hujan lebat.

#### 2. Durasi Hujan

Durasi hujan yang merupakan karakteristik hujan DAS dalam penelitian ini adalah durasi rata-rata. Hasil analisis durasi hujan menunjukkan bahwa, durasi hujan rata-rata DAS Anafri adalah 15 menit (Lampiran 1). Nilai rata-rata durasi hujan tersebut

menunjukkan bahwa di wilayah DAS Anafri sering terjadi hujan dengan durasi singkat (beberapa menit). Hujan yang terjadi dengan durasi singkat umumnya memiliki intensitas yang tinggi.

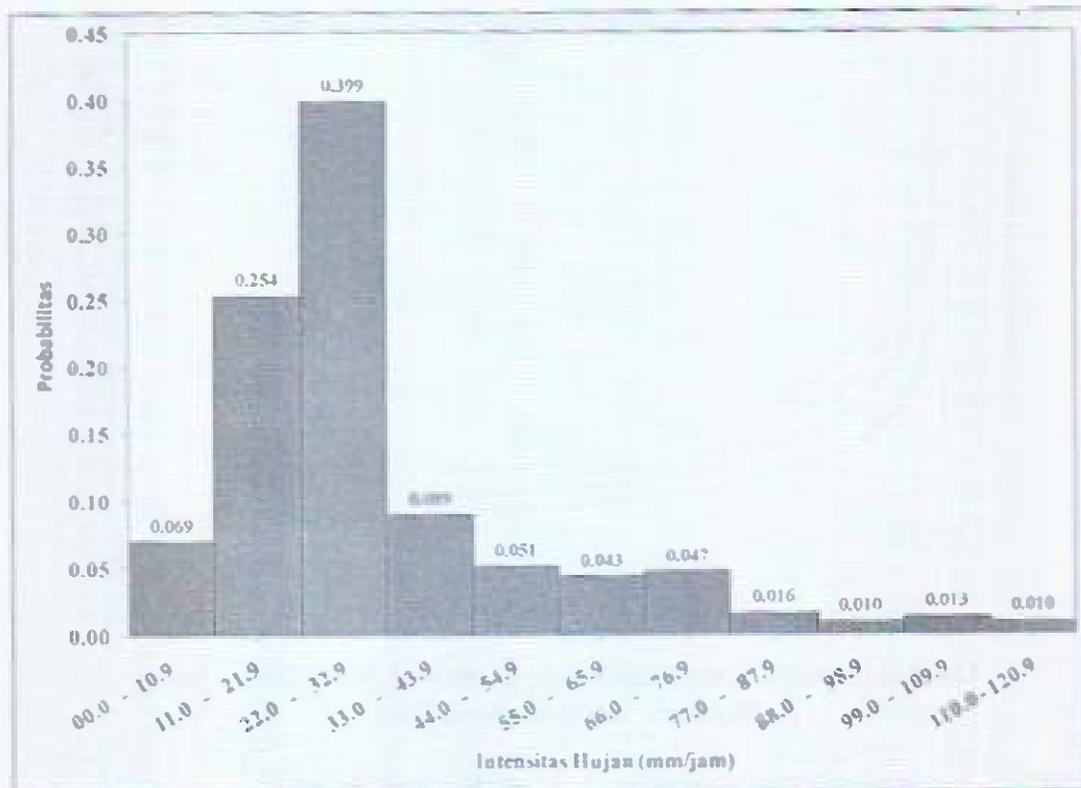
#### 3. Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya kejadian hujan dan frekuensi kejadiannya. Hasil penghitungan distribusi probabilitas intensitas hujan disajikan dalam Gambar 1 yang menunjukkan histogram dari distribusi probabilitas intensitas hujan. Dalam gambar tersebut absis adalah intensitas hujan yang dinyatakan dalam interval 10.9 mm/jam, sedangkan ordinat adalah probabilitas intensitas hujan.

Peluang terbesar intensitas hujan DAS Anafri berdasarkan Gambar 1, terjadi pada kisaran nilai intensitas hujan 22.0 - 32.9 mm/jam dengan probabilitas sebesar 0.399 (40%). Dari hasil analisis durasi hujan diperoleh durasi rata-rata hujan sebesar 15 menit. Hal ini menunjukkan bahwa hujan yang sering terjadi di DAS Anafri termasuk klasifikasi hujan *convective*. Menurut Yadnya dan Wijayanti, (2008), karakteristik hujan *convective* memiliki curah hujan yang tinggi diatas 25 mm/jam dengan durasi yang singkat dan bersifat lokal (cakupannya tertentu).

#### 4. Intensitas Hujan Periode Ulang

Hasil analisis frekuensi data hujan diperoleh intensitas hujan rencana seperti pada Tabel 7. Data intensitas hujan rencana pada Tabel 7 digunakan untuk penggambaran kurva Intensitas-Durasi-frekuensi (IDF) yang hasilnya seperti pada Gambar 2.

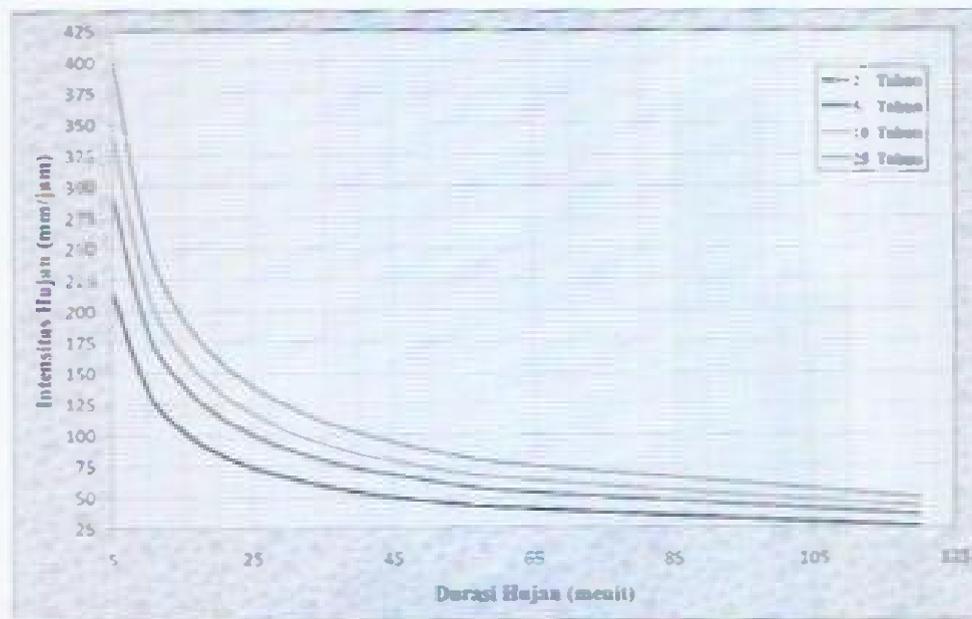


Gambar 1. Distribusi Probabilitas Intensitas Hujan

Tabel 7. Intensitas Hujan Rencana

Durasi (menit)	Periode Ulang			
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun
5	213,5	289,6	340,0	403,6
10	134,5	182,5	214,2	254,2
15	102,6	139,2	163,4	194,0
20	84,7	114,9	134,9	160,2
25	73,0	99,1	116,3	138,0
30	64,7	87,7	103,0	122,2
35	58,3	79,2	92,9	110,3
40	53,4	72,4	85,0	100,9
45	49,3	66,9	78,6	93,3
50	46,0	62,4	73,2	86,9
60	40,7	55,3	64,9	77,0
120	25,7	34,8	40,9	48,5

Sumber : Hasil Analisis, 2011



Gambar 2 Kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) DAS Anafri  
Sumber : Hasil Analisis, 2011

Kurva IDF menggambarkan hubungan antara dua parameter karakteristik hujan yaitu durasi dan intensitas hujan yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk menentukan besarnya intensitas hujan dalam periode ulang tertentu untuk menghitung debit puncak dengan Metode Rasional. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sosrodarsono dan Takeda, (2003), yang menyatakan bahwa lengkung IDF dapat digunakan dalam menghitung debit puncak dengan Metode Rasional untuk menentukan intensitas curah hujan rata-rata dari waktu konsentrasi yang dipilih.

#### Debit Aliran Rencana

Debit aliran rencana dihitung berdasarkan parameter intensitas hujan, morfometri DAS, dan koefisien aliran permukaan yang dihitung pada 2 lokasi titik kontrol yaitu  $P_1$  (bagian hulu) dan  $P_3$  (bagian hilir). Penghitungan dilakukan pada 2 lokasi dengan alasan bahwa pada titik kontrol  $P_1$  merupakan wilayah permukiman yang cukup padat dan memiliki luas daerah tangkapan hujan yang berbeda yaitu pada  $P_1$  luas daerah tangkapan hujan  $3,4278 \text{ km}^2$  dan pada  $P_3$   $5,8400 \text{ km}^2$  seperti pada Gambar 3.

#### Intensitas Hujan

Untuk menentukan besarnya intensitas hujan berdasarkan kurva IDF diperlukan waktu konsentrasi aliran ( $t_c$ ) yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan persamaan Kirhpic. Waktu konsentrasi pada  $P_1$  ( $t_{c1}$ ) selama 21,7 menit dan pada  $P_3$  ( $t_{c2}$ ) selama 24,4 menit. Besarnya intensitas hujan ( $I_1$ ) dengan durasi hujan yang sesuai dengan waktu konsentrasi aliran ( $t_{c1}$ ) untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun masing-masing adalah 82,5 mm/jam, 114,2 mm/jam, 127,7 mm/jam, dan 152,5 mm/jam. Besarnya intensitas hujan ( $I_2$ ) yang sesuai dengan waktu konsentrasi aliran ( $t_{c2}$ ) untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun masing-masing adalah 74,9 mm/jam, 102,4 mm/jam, 117,4 mm/jam, dan 139,5 mm/jam.

#### Morfometri DAS

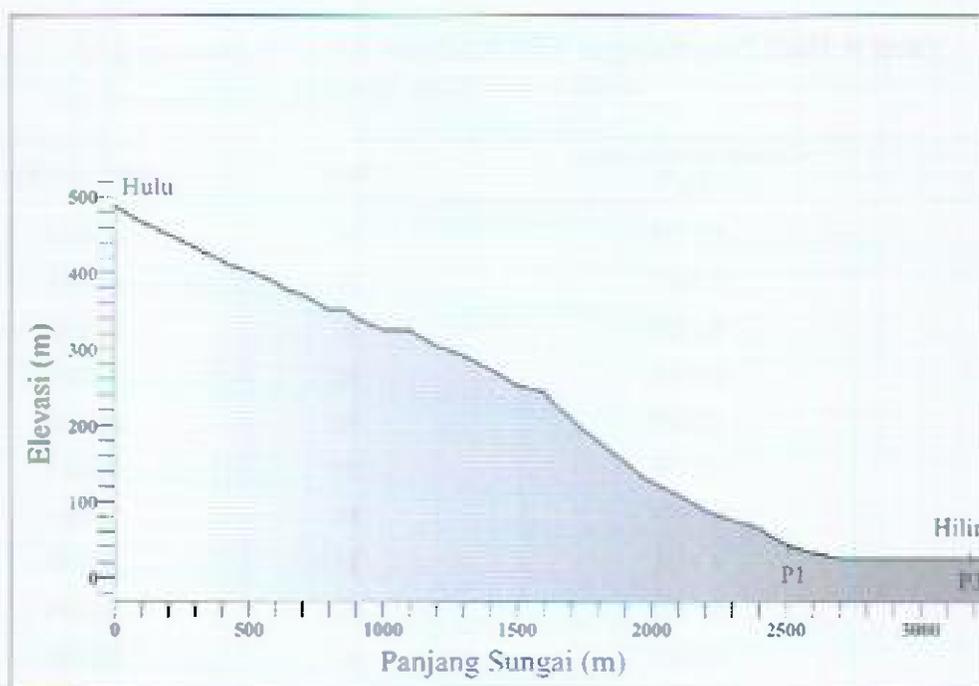
Luas DAS termasuk bagian yang penting dari morfometri DAS. Luas DAS berpengaruh terhadap besar kecilnya hujan yang diterima DAS, sehingga berpengaruh terhadap volume aliran permukaan yang terjadi. Berdasarkan hasil perhitungan,

DAS Anafri memiliki luas 6,519 km<sup>2</sup>. Panjang sungai utama DAS Anafri 3,325 km dengan kemiringan rata-rata 0.146 m/m. Kecuraman sungai utama DAS Anafri digambarkan dalam bentuk profil

horizontal berdasarkan peta topografi dengan bantuan fasilitas *ET Surface versi 3* pada *ArcGIS 9.3* yang hasilnya seperti pada Gambar 4.



Gambar 3 Lokasi Penghitungan Debit Aliran Rencana DAS Anafri



Gambar 4 Profil Sungai Utama DAS Anafri  
(Sumber : Peta Topografi Jayapura Skala 1 : 50.000)

**Koefisien Aliran Permukaan**

Hasil penghitungan koefisien aliran permukaan berdasarkan Metode Cook diperoleh nilai  $C_1$  sebesar 73,431% (0,73431) dan  $C_2$  sebesar 69,4204% (0,694204) seperti pada Tabel 8 dan Tabel

9. Nilai koefisien aliran *DAS* dihitung dengan persamaan (Swipin, 2004) :

$$C_{DAS} = \frac{(A_1 \times C_1) + (A_2 \times C_2)}{A_1 + A_2} \quad (11)$$

$$C_{DAS} = 0,717744$$

Tabel 8. Hasil Penghitungan Nilai Koefisien Aliran Permukaan ( $C_1$ )  
DAS Anafri Kota Jayapura

No	Luasan Satuan lahan (km <sup>2</sup> )	Skor	Nilai $C_1$ (%)
1	0,0153	50	0,223
2	0,0827	55	1,327
3	0,3115	60	5,452
4	0,1972	65	3,739
5	0,5603	70	11,442
6	1,3654	75	29,875
7	0,7324	80	17,093
8	0,0578	85	1,434
9	0,0482	90	1,267
10	0,0570	95	1,579
Total	3,4278		73,431

Sumber : Hasil penghitungan, 2011

Tabel 9. Hasil Penghitungan Nilai Koefisien Aliran Permukaan ( $C_2$ )  
DAS Anafri Kota Jayapura

No	Luasan Satuan Lahan (km <sup>2</sup> )	Skor	Nilai $C_2$ (%)
1	0,1734	50	3,5937
2	0,0061	55	0,1394
3	0,3520	60	8,7546
4	0,0606	65	1,6340
5	1,2628	70	36,6444
6	0,1415	75	4,3985
7	0,1947	80	6,4561
8	0,2198	85	7,7440
9	0,0005	90	0,0189
10	0,0009	95	0,0368
Total	2,4123		69,4204

Sumber : Hasil penghitungan, 2011

### Penghitungan Debit Aliran Rencana

Nilai koefisien aliran permukaan digunakan untuk menghitung besarnya debit aliran rencana periode ulang menggunakan Metode Rasional. Debit aliran rencana dalam penelitian ini dihitung di dua lokasi titik kontrol pada alur Sungai Anafri. Debit aliran rencana ( $Q_1$ ), luas wilayah aliran air sebesar 3,4278 km<sup>2</sup> dan untuk penghitungan debit aliran rencana ( $Q_2$ ), luas wilayah aliran air sebesar 5,8400 km<sup>2</sup>. Intensitas hujan yang digunakan berdasarkan kurva IDF dengan durasi hujan yang sesuai dengan waktu konsentrasi aliran. Hasil penghitungan debit aliran rencana (Q) pada titik kontrol P<sub>1</sub> dan P<sub>3</sub> seperti pada Tabel 10 dan Tabel 11.

### Kapasitas Sungai Anafri

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu ditampung oleh setiap penampang sepanjang sungai. Kapasitas sungai ini, digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh sungai tanpa terjadi peluapan air. Dalam penelitian ini analisis kapasitas sungai dilakukan pada alur Sungai Anafri pada lokasi penampang P<sub>1</sub> (bagian hulu), P<sub>2</sub>, dan P<sub>3</sub> (bagian hilir). Hasil penghitungan berdasarkan parameter penampang sungai yang dihitung dengan menggunakan persamaan Manning diperoleh besarnya kapasitas saluran Sungai Anafri seperti pada Tabel 12.

Tabel 10. Debit Aliran Rencana (Q) Pada Titik Kontrol P<sub>1</sub>

Periode Ulang (Tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Nilai C	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /detik)
2	82,5	0,73431	3,4278	58,144
5	114,2	0,73431	3,4278	80,485
10	127,7	0,73431	3,4278	90,000
25	152,5	0,73431	3,4278	107,478

Sumber : Hasil Penghitungan, 2011

Tabel 11. Debit Aliran Rencana (Q) Pada Titik Kontrol P<sub>3</sub>

Periode Ulang (Tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Nilai C	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /detik)
2	74,9	0,69420	2,4123	87,907
5	102,4	0,69420	2,4123	120,183
10	117,4	0,69420	2,4123	137,788
25	139,5	0,69420	2,4123	163,726

Sumber : Hasil Penghitungan, 2011

Tabel 12. Kapasitas Saluran Pada Setiap Penampang Sungai Anafri di Kota Jayapura

No	Penampang	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )
1	P <sub>1</sub>	40.471	14.3
2	P <sub>2</sub>	88.446	23.8
4	P <sub>3</sub>	177.765	50.8

Sumber : Hasil Penghitungan, 2011

#### Evaluasi Kapasitas Sungai Berdasarkan Debit Aliran Rencana

Hasil penghitungan debit aliran rencana untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun pada lokasi penampang P<sub>1</sub> masing-masing adalah 54,144 m<sup>3</sup>/detik, 80,485 m<sup>3</sup>/detik, 90,000 m<sup>3</sup>/detik, dan 107,478 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan pada lokasi penampang P<sub>3</sub> masing-masing adalah 87,907 m<sup>3</sup>/detik, 120,183 m<sup>3</sup>/detik, 137,788 m<sup>3</sup>/detik, dan 163,726 m<sup>3</sup>/detik. Kapasitas saluran Sungai Anafri di lokasi titik kontrol penampang P<sub>1</sub>, dan P<sub>3</sub> pada saat menampung debit aliran rencana periode ulang dapat dilihat pada Gambar 5.

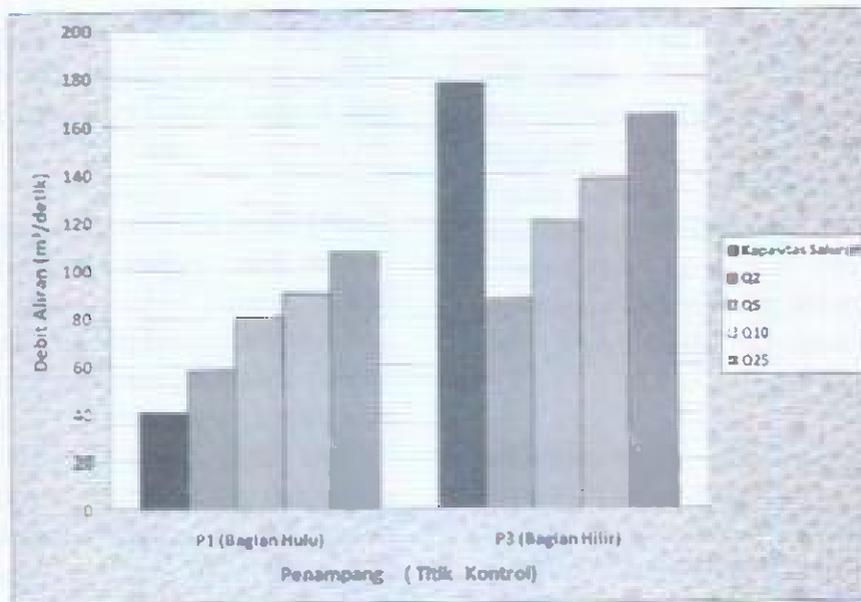
Hasil analisis perbandingan debit banjir rencana dengan kapasitas saluran Sungai Anafri pada Gambar 5, menunjukkan bahwa lokasi rawan banjir dengan debit Q<sub>2</sub> tahun adalah pada lokasi penampang P<sub>1</sub> (area permukiman Kloofkamp). Pada penampang P<sub>3</sub> saluran mampu menampung debit Q<sub>25</sub> tahun. Pada penampang P<sub>3</sub> kapasitas saluran lebih besar dari kapasitas saluran pada P<sub>1</sub>.

#### Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir

Analisis elevasi muka air banjir dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kapasitas

sungai berdasarkan elevasi muka air banjir. Elevasi muka air banjir digunakan untuk menentukan tinggi luapan air sungai pada tiap penampang. Suatu penampang sungai dianggap mampu menampung debit banjir, dimana elevasi muka air banjir tidak melebihi tanggul sungai. Menurut *Rahmawati*, (2010), untuk penanggulangan drainase kota debit rencana minimumnya adalah debit periode ulang 5 tahun, sehingga dalam penelitian ini debit rencana yang dianalisis adalah debit periode ulang 10 tahun dan 25 tahun. Kondisi penampang melintang sungai dengan debit Q<sub>10</sub> tahun seperti pada Tabel 13.

Hasil analisis pada Tabel 13 menunjukkan bahwa, lokasi penampang Sungai Anafri yang tidak mampu menampung debit Q<sub>10</sub> tahun adalah pada penampang P<sub>1</sub>. Luapan air banjir terjadi pada tanggul sisi kanan alur sungai dengan tinggi luapan pada tanggul sisi kanan 1,2 meter. Luapan terjadi akibat debit aliran lebih besar dari kapasitas tampungannya. Profil muka air banjir dengan debit Q<sub>10</sub> tahun yang dihitung pada titik kontrol P<sub>1</sub> dan P<sub>3</sub> seperti pada Gambar 6.

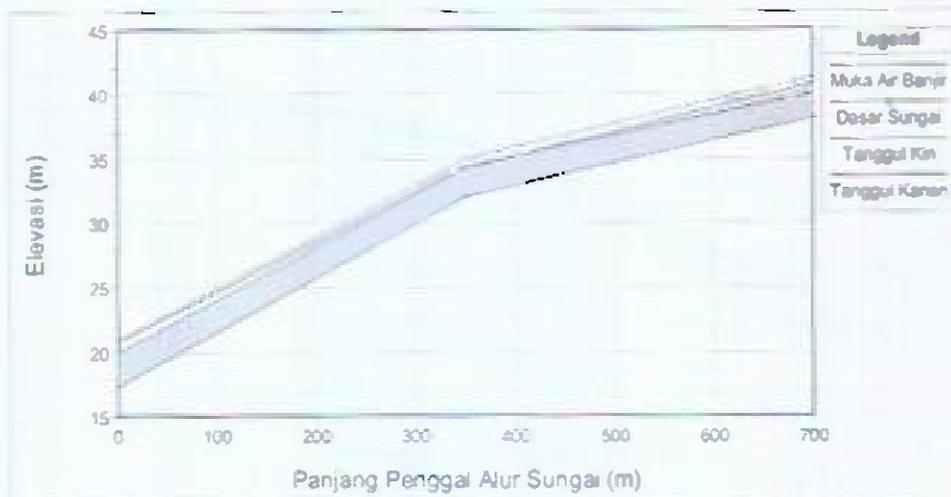


Gambar 5 Perbandingan Debit Aliran Rencana dan Kapasitas Saluran pada Setiap Penampang (Titik Kontrol) Alur Sungai Anafri (Sumber : Hasil Analisis, 2011)

Tabel 13. Kondisi Penampang Sungai Berdasarkan Debit Q<sub>10</sub> Tahun di Sungai Anafri

No	Penampang	Elevasi (m)			Kondisi	
		Muka Air	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan
1	P <sub>1</sub>	41,2	41,3	40,0	Tidak meluap	meluap
2	P <sub>3</sub>	20,3	21,0	20,8	Tidak meluap	Tidak meluap

Sumber : Hasil Analisis, 2011



Gambar 6. Profil Muka Air Banjir Dengan Debit Q<sub>10</sub> Tahun Pada Alur Sungai Anafri Kota Jayapura

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 6 menunjukkan bahwa, dengan debit  $Q_{10}$  tahun luapan terjadi pada tanggul sisi kanan. Luapan terjadi pada tanggul sepanjang 280 meter dari lokasi penampang  $P_1$  ke arah hilir dengan tinggi luapan 0,1 meter hingga 1,2 meter pada sisi kanan. Kondisi penampang melintang sungai dengan debit  $Q_{25}$  tahun seperti pada Tabel 14.

Hasil analisis pada Tabel 12 menunjukkan bahwa, lokasi penampang Sungai Anafri yang tidak mampu menampung debit  $Q_{25}$  tahun adalah pada penampang  $P_1$ . Luapan air terjadi pada sisi kanan dan kiri tanggul sungai. Luapan banjir 1,6 meter pada sisi kanan, sedangkan pada sisi kiri tinggi

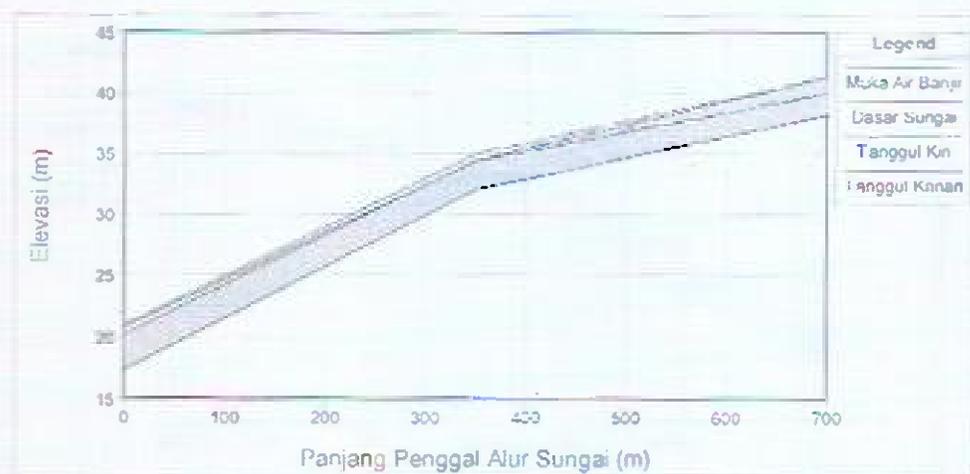
luapan 0,3 meter. Profil muka air banjir dengan debit  $Q_{25}$  tahun yang dihitung pada titik kontrol  $P_1$  dan  $P_3$  seperti pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 7 menunjukkan bahwa, dengan debit  $Q_{25}$  tahun luapan terjadi pada tanggul sisi kanan lokasi penampang  $P_1$  dan  $P_2$ . Luapan terjadi pada tanggul sepanjang 400 meter dari lokasi penampang  $P_1$  ke arah hilir dengan tinggi luapan 0,1 meter hingga 1,6 meter dan pada tanggul sisi kiri 0,1 meter hingga 0,3 meter pada penggal alur sungai sepanjang 40 meter pada lokasi penampang  $P_1$ .

Tabel 14. Kondisi Penampang Sungai Berdasarkan Debit  $Q_{25}$  Tahun di Sungai Anafri

No	Penampang	Elevasi (m)			Kondisi	
		Muka Air	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan
1	$P_1$	41,6	41,3	40,0	meluap	meluap
2	$P_3$	20,6	21,0	20,8	Tidak meluap	Tidak meluap

Sumber : Hasil Analisis, 2011



Gambar 7 Profil Muka Air Banjir Dengan Debit  $Q_{25}$  Tahun Pada Alur Sungai Anafri Kota Jayapura

### Penanganan Banjir Sungai Anafri

Berdasarkan hasil analisis dengan debit aliran rencana periode ulang 10 tahun dan 25 tahun menunjukkan bahwa, luapan banjir Sungai Anafri terjadi pada lokasi penampang  $P_1$  dan  $P_2$ . Hal ini secara umum disebabkan oleh kondisi kapasitas saluran sungai yang sangat kecil yaitu sebesar  $40,471 \text{ m}^3/\text{detik}$  (penampang  $P_1$ ) hingga  $88,446 \text{ m}^3/\text{detik}$  (penampang  $P_2$ ) sehingga akan terjadi luapan jika debit banjir dari hulu melebihi kapasitas tampungannya. Kondisi kapasitas tampungan yang kecil, selain disebabkan oleh karena tanggul

sungai yang tidak terlalu tinggi juga disebabkan karena adanya penyempitan badan sungai. Penyempitan badan sungai diakibatkan oleh aktifitas manusia di bantaran Sungai Anafri yang membangun permukiman sampai ke badan sungai seperti pada Gambar 8. Di samping itu, berkurangnya kapasitas sungai disebabkan banyaknya tumpukan sampah di sepanjang alur Sungai Anafri maupun bangunan bekas tiang jembatan yang terdapat di antara penampang  $P_1$  dan  $P_2$  alur sungai seperti pada Gambar 9.



Gambar 8 Penyempitan Sungai Anafri Akibat Pembangunan Permukiman  
(koordinat UTM : 466367,486mT dan 9718884,433mU)



Gambar 9 Bangunan Bekas Jembatan Di Lokasi Penampang antar  $P_1$  dan  $P_2$   
(koordinat UTM : 466367,468mT dan 9719011,219mU)

Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2011

Salah satu di antara faktor-faktor penyebab banjir akibat aktifitas manusia yang menempati bantaran sungai adalah terjadinya penyempitan badan sungai (Waryono, 2002). Penyempitan badan sungai dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas sungai dalam menampung debit aliran. Selain itu, berkurangnya kapasitas sungai dapat disebabkan banyaknya tumpukan sampah di sepanjang alur Sungai Anafri.

Upaya untuk meminimalisir terjadinya banjir akibat meluapnya Sungai Anafri dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

#### 1. Penanganan Banjir di Sungai

##### Anafri dengan Langkah Teknis

Berdasarkan hasil analisis banjir dengan debit periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun, luapan terjadi pada lokasi penampang  $P_1$  hingga  $P_2$  sepanjang 400 meter yang merupakan wilayah permukiman Kloofkamp Kelurahan Gurabesi. Alternatif penanganan yang dipakai adalah penanggulangan dengan debit periode ulang 10 tahun ( $Q_{10} = 90,000 \text{ m}^3/\text{detik}$ ) atau debit periode ulang 25 tahun ( $Q_{25} = 107,478 \text{ m}^3/\text{detik}$ ) yang dihitung pada titik kontrol  $P_1$  alur Sungai Anafri.

Berdasarkan analisis penyebab banjir Sungai Anafri berdasarkan debit periode ulang 10 tahun dan 25 tahun, limpasan yang terjadi pada lokasi titik kontrol  $P_1$  dan  $P_2$  diakibatkan karena kapasitas sungai yang terlalu kecil sehingga perlu dilakukan upaya untuk memperbesar kapasitas sungai. Upaya untuk memperbesar kapasitas pengaliran alur sungai dapat dilakukan dengan peninggian tanggul pada penggal alur sungai yang rawan terhadap terjadinya luapan. Peninggian tanggul dilakukan untuk mencegah meluapnya banjir sampai ketinggian tertentu. Dalam peninggian tanggul Sungai Anafri dilakukan

dengan langkah-langkah sebagai berikut :

##### a. Peninggian tanggul berdasarkan debit banjir $Q_{10}$

Kondisi penampang Sungai Anafri pada saat terjadi debit banjir periode ulang 10 tahun dengan debit sebesar  $90,000 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang di hitung pada titik kontrol  $P_1$ , luapan terjadi pada lokasi penampang  $P_1$  yang memiliki elevasi tanggul pada sisi kiri 41,3 meter dan tanggul pada sisi kanan 40 meter. Elevasi muka air banjir pada lokasi penampang  $P_1$  adalah 41,2 meter, sehingga langkah penanggulangan dapat dilakukan dengan peninggian tanggul pada sisi kanan 0,1 meter hingga 1,2 meter pada penggal sungai sepanjang 280 meter.

##### b. Peninggian tanggul berdasarkan debit banjir $Q_{25}$

Kondisi penampang Sungai Anafri pada saat terjadi debit periode ulang 25 tahun dengan debit sebesar  $107,478 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang dihitung pada titik kontrol  $P_1$ , luapan terjadi pada lokasi penampang  $P_1$  dan  $P_2$  yaitu pada tanggul sisi kanan dan tanggul sisi kiri alur sungai. Elevasi muka air banjir 41,6 meter, sehingga langkah penanggulangan dapat dilakukan dengan peninggian tanggul pada sisi kanan 0,1 meter hingga 1,6 meter pada penggal sungai sepanjang 400 meter dan pada tanggul sisi kiri minimal 0,1 meter hingga 0,3 meter pada penggal sungai sepanjang 40 meter.

Peninggian tanggul dalam rangka penanggulangan terjadinya limpasan banjir dengan debit  $Q_{10}$  tahun dan  $Q_{25}$  tahun, memiliki selisih peninggian tanggul yang relatif kecil yaitu sebesar 0,4 meter, sehingga dalam rangka penanggulangan banjir Sungai Anafri, langkah penanggulangan banjir sebaiknya menggunakan debit  $Q_{25}$  tahun.

## 2. Penanganan Banjir di Sungai Anafri Dengan Pendekatan Non Teknis

Penanganan banjir di Sungai Anafri untuk perencanaan jangka pendek dengan debit periode ulang 25 tahun ( $Q_{25}$ ) yaitu sebesar  $107,178 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Upaya penanganan banjir dengan pendekatan non teknis adalah:

- a. Perlunya penegakan hukum dalam pengelolaan lahan terutama bagian hulu DAS Anafri, tidak boleh ada kegiatan perladangan maupun penebangan liar. Wilayah DAS Anafri bagian hulu merupakan kawasan Cagar Alam Pegunungan Cyclop. Menurut *Hutajalu, (2010)*, kegiatan perladangan yang terjadi di kawasan Cagar Alam Pegunungan Cyclop (CAPC) yang masuk dalam wilayah Kota Jayapura antara lain kelurahan Angkasapura, dan Bhayangkara, sedangkan kegiatan penjarahan dan penebangan kayu antara lain

wilayah Kloofkamp, Angkasapura, dan Bhayangkara. Wilayah Angkasapura maupun Kloofkamp merupakan wilayah tangkapan air DAS Anafri. Hal ini terbukti dengan terjadinya sedimentasi di Sungai Anafri yang sangat tinggi dan padat seperti disajikan pada Gambar 10.

- b. Perlunya pemahaman terhadap masyarakat untuk memelihara kondisi sungai yang memiliki fungsi sebagai tampungan air saat terjadi hujan lebat. Selama ini masyarakat masih menganggap bahwa sungai merupakan tempat pembuangan segala jenis limbah baik padat maupun cair. Sungai Anafri memiliki fungsi ganda, di samping sebagai tempat penampungan air hujan juga sebagai tempat pembuangan limbah rumah tangga. Hal ini terbukti dengan banyaknya sampah yang menumpuk di sepanjang alur sungai.



Gambar 10 Pendangkalan Sungai Anafri Akibat Sedimentasi  
Lokasi: Sungai Anafri Bagian Hilir Kota Jayapura, Juni 2011  
Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2011

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Karakteristik hujan di wilayah DAS Anafri Kota Jayapura cenderung terjadi dengan intensitas tinggi dan dalam durasi yang pendek. Ketebalan hujan pada kisaran 0,1 mm sampai 7,0 mm dengan intensitas hujan pada kisaran 21,0 mm/jam sampai 32,9 mm/jam yang terjadi dalam durasi rata-rata 15 menit. Hujan yang terjadi sangat tergantung terhadap faktor lokal yaitu kondisi topografi pada elevasi sedang hingga tinggi (>10 meter diatas permukaan laut) dan tidak terpengaruh fenomena cuaca pada skala meso. Hal ini menyebabkan hujan dengan intensitas tinggi terjadi sepanjang tahun yaitu Januari-Desember.
2. Saat terjadi hujan lebat di wilayah DAS Anafri, hujan yang terjadi 71,774% akan menjadi aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan debit Sungai Anafri yang diukur pada lokasi penampang P<sub>3</sub> (bagian hilir). Debit aliran rencana yang dihitung pada lokasi penampang P<sub>1</sub> (bagian hulu) untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun masing-masing adalah sebesar 58,144 m<sup>3</sup>/detik, 80,485 m<sup>3</sup>/detik, 90,000 m<sup>3</sup>/detik, dan 107,478 m<sup>3</sup>/detik. Pada lokasi penampang P<sub>3</sub> (bagian hilir) untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun masing-masing sebesar 87,907 m<sup>3</sup>/detik, 120,183 m<sup>3</sup>/detik, 137,788 m<sup>3</sup>/detik, dan 103,726 m<sup>3</sup>/detik. Pada penampang P<sub>3</sub> debit aliran lebih tinggi dari penampang P<sub>1</sub>. Hal ini disebabkan pada lokasi

penghitungan debit P<sub>3</sub> mencakup daerah tangkapan yang lebih luas.

3. Hasil penelitian kapasitas Sungai Anafri berdasarkan debit periode ulang 25 tahun dapat disimpulkan sebagai berikut :
  - a. Kapasitas Sungai Anafri sebagian besar masih mampu menampung debit banjir. Dengan menggunakan debit Q<sub>25</sub> tahun, wilayah rawan banjir akibat meluapnya sungai terjadi pada lokasi penampang P<sub>1</sub> sampai P<sub>2</sub> sepanjang 400 meter tepatnya di wilayah permukiman Kloofkamp Kelurahan Gurabesi. Tinggi luapan banjir pada tanggul sisi kanan 0,1 meter sampai 1,6 meter dan pada tanggul sisi kiri 0,1 meter sampai 0,3 meter.
  - b. Terjadinya limpasan pada alur Sungai Anafri sepanjang 400 meter yaitu lokasi penampang P<sub>1</sub> sampai P<sub>2</sub> diketahui penyebab utamanya adalah *bank full capacity* kecil, maka alternatif penanganan yang direkomendasikan adalah peninggian tanggul sungai.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Prof. Dr. Totok Gunawan, M.S. dan Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc. dari Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah membimbing penelitian yang telah saya lakukan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- Chow, V.T, Maidment, D.R., dan Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York.

- Chow, V.T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. Terjemahan E.V. Rosalina, Hidraulika Saluran Terbuka. Hal 99-102.
- Cowan, W.L. (1956). Estimating Hydraulic Roughness Coefficients. *Agricultural Engineering*, 37 (7):473-475.
- Gunawan, T. (1991). *Penerapan Teknik Pengindraan Jauh Untuk menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS*. Studi Kasus di DAS Bengawan Solo Hulu, Jawa Tengah, IPB-Press, Bogor.
- Hadi, M.P. (2006). Understanding the Rainfall Characteristics as a Basis in Selecting the Hydrological Model (Case Study on Upper Bengawan Solo Cacthment). *Forum Geografi*, Vol. 20, No. 1, hal. 13 – 26.
- Handayani, Y.L., Hendri, A. dan Suherly, H. (2007). Pemilihan Metode Intensitas Hujan Yang Sesuai Dengan Karakteristik Stasiun Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 8, No. 1, hal. 1-15.
- Handoko, (1995). *Klimatologi Dasar (Landasan Pemahaman Fisika Atmosfir dan Unsur-unsur Iklim)*. Pustaka Jaya, Jakarta.
- Hutajalu, H. (2010). Kerugian Ekonomi Negara Akibat Penebangan Liar dan Dampak Kerusakan Cagar Alam Pegunungan Cyclop Terhadap Masyarakat Distrik Sentani Kabupaten Jayapura. *Tesis*, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Indriatmoko dan Haryoto, (1998). Perhitungan Besarnya Koefisien Aliran Menggunakan Sistem Informasi Geografis: Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Progo Hulu. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, Vol. 5, no 12, hal. 137-144.
- Linsley, R.K. (1959). *Applied Hydrology*. Bureau Meteorolgy and Irrigation. New York.
- Loebis, J. (1997). *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Meijerink, A.M.J. (1970). *Photo Interpretation in Hydrology. A Geomorphological Approach*. ITC. Delf.
- Rahmawati, (2010). Kajian Penanganan Bencana Banjir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan. *Majalah Ilmiah Al-Jibra*, Vol. 11, No. 35, hal. 14-24.
- Seyhan, E. (1977). *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sugiyono, (2010). *Statistik Untuk Penelitian*. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Sukadi dan Sudjarwadi (2005). Perkiraan Karakteristik Curah Hujan Dengan Analisis Bangkit Data. *KOKOH*, Vol.?, No. 1, hal. 46-56.
- Suripin, (2004). *Sistim Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Waryono, T. (2002). Fenomena Banjir di Wilayah Perkotaan. *Makalah*. Narasumber penyusunan Perda sumur resapan, tanggal 16 September, Jakarta.

Yadnya, M.S., dan Wijayanti, A. (2008).  
Model Pembangkit Curah Hujan  
Dengan Korelasi Variasi Waktu

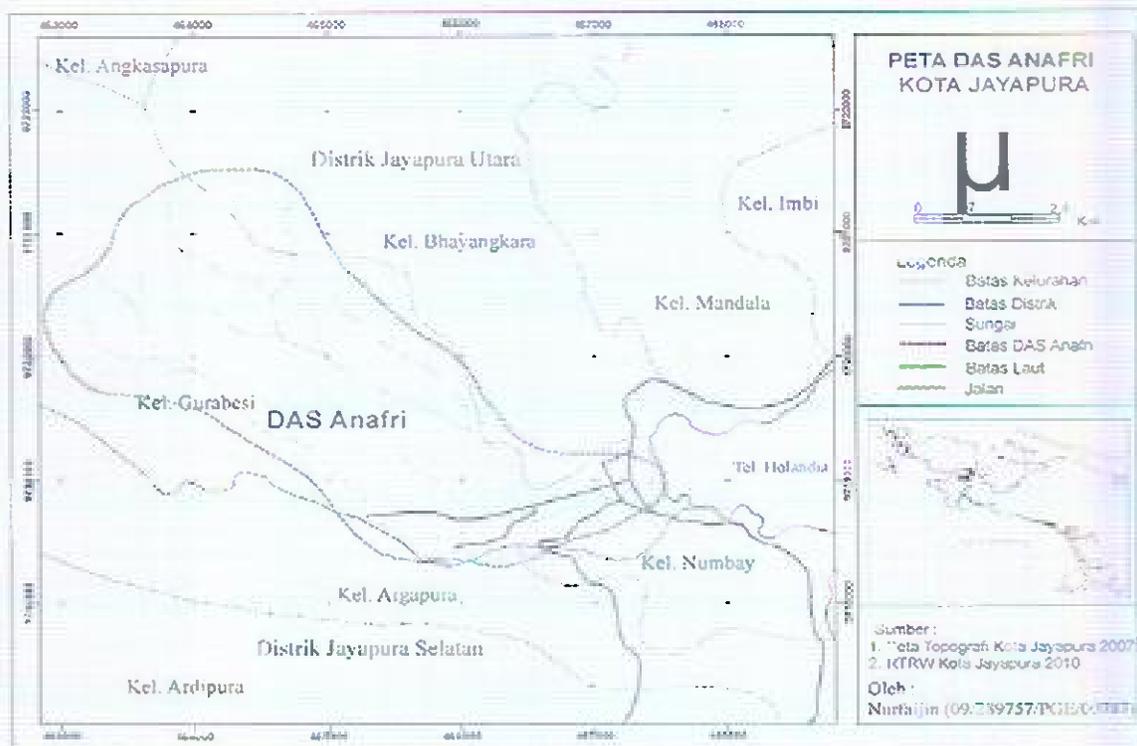
Dan Tempat. *Jurnal Teknik  
Elektro*, Jilid 10, No. 2, hal. 53-58.

Lampiran

Lampiran I. Hasil Perhitungan Frekuensi Hujan Stasiun Geofisika Angkasapura Kota Jayapura Tahun 2007-2010

Durasi (menit)	Frekuensi Hujan															Jml Data	Durasi Rata-rata (Jam)
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	120	180	240			
00.0 - 10.9	53					2	2	1						5	1	64	0,410
11.0 - 21.9	45	22		22	36	39	30	13	3	2	3	12	4	3	234	0,557	
22.0 - 32.9	10	45	69	76	40	37	28	17	18	10	9	3	3	3	368	0,466	
33.0 - 43.9		16	31	10	2	4	4	6	5	2	2				82	0,370	
44.0 - 54.9		21	13	7	2	1		2	1						47	0,266	
55.0 - 65.9	3	20	16		1										40	0,200	
66.0 - 76.9	24	18	1												43	0,122	
77.0 - 87.9	10	5													15	0,111	
88.0 - 98.9	9														9	0,083	
99.0 - 109.9	12														12	0,083	
110.0 - 120.9	9														9	0,083	
Durasi rata-rata																0,250	
Durasi rata-rata maksimum																0,557	
Durasi rata-rata minimum																0,083	

Sumber: Hasil penghitungan, 2011



Lampiran 2. Alur Sungai Anafri di Kota Jayapura