

**PENANGGULANGAN TINGKAT KERAWANAN  
DAERAH BANJIR DI JALAN WAHID HASYIM II  
KOTA SAMARINDA**

**Muhammad Rio Risanta  
13.11.1001.7311.143  
Pembimbing I : Dr. Ir. Yayuk Sri Sundari.,M.T  
Pembimbing II : Suharto,ST.,M.T**

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

***ABSTRACT***

Banjir yang terjadi di Jalan Wahid Hasyim II ini merupakan dasar yang melatar belakangi pelaksanaan penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja yang menjadi penyebab banjir dikawasan tersebut, mengetahui nilai kapasitas yang cukup untuk daya tampung saluran drainase nya, dan juga mengetahui bagaimana cara penanganan menanggulangi banjir nya di Jalan Wahid Hasyim II tersebut.

Dalam pelaksanaannya diperlukan survey di lapangan mengenai dimensi saluran yang ada, panjang lintasan terjauh, waktu konsentrasi, dan catchment area. Dalam menganalisis data sekunder diperlukan perhitungan mengenai luas DAS, data curah hujan dari BMKG setempat, penentuan hujan rencana, dan menganalisis intensitas hujan rencana. Dalam menganalisis data primer diperlukan cara survey langsung di lapangan untuk pengambilan data dokumentasi, survey batas daerah tangkapan air dan luas total perencanaan.

Dari hasil studi di lapangan didapatkan panjang lintasan terjauh yang dilalui air yaitu (3,003 km). Analisis intensitas hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun berturut-turut. Setelah dilakukan pengecekan maka didapatkan bahwa kapasitas yang tersedia tidak memadai dalam menampung debit hujan maksimum yang terjadi sehingga diperlukan perbaikan sistem drainase. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan membuat saluran drainase pengalih, yang di rencanakan di Gang Ahim.

Kata kunci : Banjir, Drainase, Waktu konsentrasi, Intensitas hujan, Periode ulang, Debit Maksimum, Saluran Drainase Pengalih

***ABSTRACT***

The flood that occurred in Wahid Hasyim II street is the basis of the background of the implementation of this research. The purpose of this study is to find out what are the causes of the flood of the area, to know the value of sufficient capacity for the capacity of its drainage channel, and also to know how to handle the flood in Wahid Hasyim II street.

In practice, field surveys of available channel dimensions, longest track lengths, concentration time, and catchment area are required. In analyzing the secondary data it is necessary to calculate the area of the watershed, rainfall data from local BMKG, rainfall plan, and analyze the rain intensity of the plan. In analyzing the primary data is needed a direct survey in the field for documentation data collection, boundary watershed survey and total area of planning.

The study results can be obtained through the farthest path length through which the water is (3,003 km). Rain intensity analysis of plans for repeat periods of 2, 5, 10 and 25 years in a row. After checking it was found that the available capacity is inadequate to accommodate the maximum rainfall occurring discharge so that the necessary improvement of the drainage system. One solution that can be implemented to create a drainage channel switcher, which was planned in Ahim alley.

Keywords : flooding, drainage, time of concentration, intensity of rain, repeated periods, debit Maximum, Drainage Channel Diversion.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Banjir adalah ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi. Kerugian yang diakibatkan banjir seringkali sulit diatasi baik oleh masyarakat maupun instansi terkait. Banjir biasanya terjadi karena sungai atau saluran tidak mampu mengalirkan sejumlah air hujan yang mengalir di atas permukaan. Aliran permukaan dari semua arah dan dari semua tempat menuju buangan alami dalam bentuk sungai atau saluran. Aliran permukaan dari segenap lokasi dalam kawasan DAS (Daerah Aliran Sungai) akan mengalir ke sungai.

Masalah banjir merupakan masalah yang sering terjadi di Indonesia, salah satunya terjadi di Kota Samarinda. Kota Samarinda merupakan ibu kota Provinsi Kalimantan Timur. Sebagai Ibu Kota Provinsi Kota Samarinda yang berfungsi sebagai pusat pemerintahan, pusat sektor industri, pusat sektor perdagangan, sektor pendidikan sekaligus sebagai pusat dari sektor pariwisata. Seiring dengan berjalannya waktu, Kota Samarinda berkembang dengan pesat. Pada saat musim hujan debit permukaan yang berasal dari daerah limpasan air permukaan setiap tahun semakin besar, karena air yang meresap ke dalam tanah semakin berkurang seiring dengan perubahan tata guna lahan tersebut. Disamping permasalahan banjir sebagai akibat adanya perubahan tata guna lahan, adapun pembahasan mengenai tentang penanggulangan banjir di daerah Jalan Wahid Hasyim II Samarinda. Tentu hal ini lah yang akan menjadi pertanyaan, bagaimana bisa terjadinya banjir di daerah tersebut. Hal-hal apa saja yang mempengaruhi terjadinya banjir di daerah tersebut. Bagaimana cara menanggulangi nya. Dan hal-hal apa saja yang perlu di perhitungkan agar di daerah tersebut tidak terjadi banjir lagi.

### Rumusan Masalah

1. Apa penyebab yang mempengaruhi banjir di Jl. Wahid Hasyim II ?
2. Berapa kapasitas daya tampung drainase di Jl. Wahid Hasyim II ?
3. Bagaimana penanggulangan banjir di Jl. Wahid Hasyim II ?

### Batasan Masalah

1. Lokasi yang ditinjau adalah sistem saluran drainase yang ada di Jl. Wahid Hasyim II.
2. Faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir di Jl. Wahid Hasyim II.
3. Perhitungan kapasitas daya tampung saluran drainase di Jl. Wahid Hasyim II.
4. Perhitungan curah hujan efektif dengan metode log Person Type III dan Metode Gumbel untuk kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun
5. Perhitungan dimensi saluran yang dapat menampung hingga 2027

### Maksud Penelitian

1. Mengetahui apa saja yang mempengaruhi dan penyebab banjir di Jl. Wahid Hasyim II.
2. Mengetahui berapa kapasitas daya tampung saluran drainase yang cukup untuk menanggulangi banjir di Jl. Wahid Hasyim II.
3. Mengetahui bagaimana cara menanggulangi banjir di Jl. Wahid Hasyim II.

### Tujuan Penelitian

1. Untuk mendapatkan hal-hal apa saja yang menjadi penyebab banjir di Jl. Wahid Hasyim II.
2. Untuk mendapatkan nilai kapasitas daya tampung saluran drainase yang cukup untuk menanggulangi banjir di Jl. Wahid Hasyim II.
3. Untuk mendapatkan cara bagaimana penanganan menanggulangi banjir di Jl. Wahid Hasyim II.

### Manfaat Penelitian

1. Dengan adanya penanggulangan tingkat kerawanan banjir di Jl. Wahid Hasyim II, dapat membantu atau memberikan solusi kepada pemerintah Kota Samarinda untuk mengatasi banjir khususnya di daerah Jl. Wahid Hasyim II
2. Sebagai saran masukan pemerintah kota Samarinda untuk mengatasi banjir di daerah Jl. Wahid Hasyim II dan sekitarnya.

## DASAR TEORI

### Pengertian Drainase

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi Lingkungan Fisik dan Lingkungan Sosial Budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : Pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya, lapangan olah raga, lapangan parker, instalasi militer, instalasi listrik & telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota.

### Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan tahapan paling penting sebelum perhitungan hidrolika dari bangunan drainase, untuk menentukan laju aliran, limpasan permukaan (*run off*) dan debit (*discharge*) (Subarkah, 1980).

Data curah hujan merupakan data hidrologi yang penting. Data curah hujan ini diperoleh dari stasiun hujan yang mewakili di sekitar kajian. Data hujan yang diambil dari berbagai stasiun hujan diuji untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten atau tidak. Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Untuk memperhitungan hujan rancangan maksimum dipergunakan analisa frekuensi yang sesuai dengan data yang ada sedangkan untuk mengetahui kebenaran dari analisa frekuensi tersebut diperlukan uji distribusi frekuensi (Subarkah, 1980).

### Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Dalam perhitungan curah hujan rancangan ini digunakan analisa frekuensi. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan” Frekuensi adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala ulang (*return*) periode adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Adapun untuk menghitung analisa frekuensi digunakan metode-metode sebagai berikut (Suripin 2004):

#### Metode E.J. Gumbel

Apabila jumlah populasi yang terbatas maka menggunakan persamaan (Suripin 2004)

$$X = \bar{X} + sK$$

Dengan :

$\bar{X}$  = Harga rerata sample

S = Standar deviasi

K dihitung dengan persamaan :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Keterangan :

$Y_n$  = Reduced mean yang tergantung jumlah sample/data (rerata)

$Y_t$  = Reduced variate, yang dapat dihitung dengan persamaan

ataupun dengan tabel.

$S_n$  = Reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sample/data n (*simpangan baku*).

K = Faktor frekuensi

Substitusikan persamaan (1) ke dalam persamaan (2), maka akan didapat persamaan berikut :

$$X_t = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S$$

$$\text{Atau } X_t = b + \frac{1}{a} Y_t = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} + \frac{Y_t S}{S_n}$$

Dimana,

$$a = \frac{S_n}{S} \text{ dan } b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

### Metode Log Person Tipe III

Adapun dalam studi ini, curah hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode Log Person Tipe III, karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data tanpa harus memenuhi syarat koefisien kemencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*). Distribusi Log Person III mempunyai koefisien kemencengan (*Coefisien of Skwennes*) atau Cs, koefisien kurtosis (*Coefisien Curtosis*) atau Ck dan koefisien varians atau Cv.

Langkah-langkah penggunaan Distribusi Log Person III

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis,  $X = \log X$
2. Hitung Harga rata – rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } x_i}{n}$$

(Dr.Ir. Drs. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H, 2010.)

Dimana : Log X = Nilai curah hujan rata-rata

$x_i$  = Nilai curah hujan rata-rata

n = Jumlah data

3. Hitung harga simpangan baku

(Dr.Ir. Drs. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H, 2010.)

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n - 1} \right]^{0.5}$$

Dimana : S = Standar Deviasi

Log X = Jumlah nilai curah hujan

Log  $x_i$  = Nilai curah hujan rata-rata

n = Jumlah data

4. Hitung Koefisien Variasi

$Cv = S : \text{Log } x_i$

(Dr.Ir. Drs. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H, 2010.)

Dimana : Cv = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

Log  $x_i$  = Nilai curah hujan rata-rata

5. Hitung koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

(Dr.Ir. Drs. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H, 2010.)

Dimana : Cs = Koefisien kemencengan

Log  $x_i$  = Nilai curah hujan rata-rata

Log  $x_i$  = Jumlah nilai curah hujan

n = Jumlah data

S = Standar deviasi

6. Hitung koefisien Kortosis :

$$Ck = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

(Dr.Ir. Drs. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H, 2010.)

Dimana : Ck = Koefisien kemencengan

Log  $x_i$  = Nilai curah hujan rata-rata

Log X = Jumlah nilai curah hujan

n = Jumlah data

S = Standar deviasi

Log Person Ttype III mempunyai syarat perhitungan nilai dari Koefisien kemencengan atau Cs = 0.

7. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

Keterangan :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot s$$

- $\bar{X}_T$  = X yang terjadi dalam kala ulang T
- $\bar{X}$  = Rata-rata dari seri data X
- X = Seri data maksimum tiap tahun
- s = Simpangan baku
- K = Faktor frekuensi
- n = Jumlah data

Dimana K adalah variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G. Tabel 2.4 memperlihatkan harga K untuk berbagai nilai kemencengan.

### Uji Smirnov Kolmogorov

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (the goodness of fit test) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi tersebut, untuk keperluan analisis uji kesesuaian digunakan dua metode statistik, yaitu Uji Chi Square dan Uji Smirnov Kolmogorov (*Suripin, 2004*).

#### 1. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Amaks-Prosedur, perhitungan *uji smirnov kolmogorov* adalah sebagai berikut :

1. Data diurutkan dari kecil ke besar.
2. Menghitung peluang empiris (Pe) dengan menggunakan rumus Weibull (*Hadisusanto, 2011*).

$$Pe = \frac{m}{n+1}$$

Dengan :

- Pe = peluang empiris
- m = nomor urut data
- n = banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis (R) dengan rumus

$$Pt - 1 - Pr$$

Dengan :

- Pt = Peluang teoritis (Probabilitas).
- Pr = Probabilitas yang terjadi

4. Menghitung simpangan maksimum ( $m_{maks}$ ) dengan rumus :

$$m_{maks} = Pt - Pe$$

Dengan :

- $m_{maks}$  = Selisih data probabilitas teoritis dan empiris.
- Pt = Peluang teoritis (Probabilitas).
- Pe = Peluang empiris.

5. Menentukan nilai  $t_{tabel}$

Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila  $m_{maks} < t_{tabel}$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan

persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila  $m_{maks} > t_{tabel}$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima (*Suripin, 2004*).

### Uji Chi Square / Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel

data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan Parameter  $\chi^2$ . Parameter  $\chi^2$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus (*Suripin, 2004*) :

$$\chi_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^G (O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan :

$$K = 1 + 3,322 \times \log n$$

Dengan :  $\chi_h^2$  = Parameter *Chi Square* terhitung.

G = Jumlah sub kelompok.

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok *i*.

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok *i*.

n = Banyaknya data.

K = Jumlah Kelas

Prosedur uji Chi Square adalah sebagai berikut (*Suripin, 2004*) :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub grup.
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ .
5. Tiap-tiap sub grup dihitung nilai :

$$(O - E)^2 \text{ dan } \frac{(O - E)^2}{E}$$

Jumlah seluruh G sub group nilai  $\frac{(O - E)^2}{E}$  untuk menentukan nilai Chi Square

6. Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binomial)

### Catchman Area

Catchment area adalah daerah cakupan/tangkapan apabila terjadi hujan. Semakin besar catchment area maka semakin besar pula debit yang terjadi. Prinsip dasar dari penentuan daerah tangkapan adalah dengan prinsip beda tinggi. Air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Untuk kawasan yang cenderung datar pembagian catchment area dapat diasumsikan terbagi rata pada tiap sisi menuju saluran drainase. Untuk daerah-daerah berbukit, penentuan catchment area berpatokan pada titik tertinggi, yang kemudian

akan mengalir ketempat yang rendah berdasar alur topografi.

### Koefisien Pengaliran/Limpasan (C)

Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (runoff) yang biasa dilambangkan dengan C. Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2006).

Koefisien pengaliran ini merupakan cerminan dari karakteristik daerah pengaliran yang dinyatakan dengan angka 0-1 bergantung pada banyak faktor. Di samping faktor meteorologis, faktor daerah aliran, faktor yang mempunyai pengaruh besar terhadap koefisien pengaliran adalah campur tangan manusia dalam merencanakan tata guna lahan. Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi karakteristik (Sosrodarsono dan Takeda, 1999) yaitu :

- Kondisi hujan.
- Luas dan bentuk daerah aliran.
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai.
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah.
- Kebasahan tanah.
- Suhu udara, angin dan evaporasi.
- Tata guna lahan.

Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien pengaliran yang berbeda, maka nilai koefisien pengaliran (C) yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Suripin, 2004):

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \text{ atau } C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dengan :

- $C_1, C_2, C_3$  = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan.  
 $A_1, A_2, A_3$  = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan  
 $A_i$  = Luas lahan dengan jenis penutup tanah  $i$   
 $C_i$  = Koefisien pengaliran jenis penutup tanah  
 $n$  = Jumlah jenis penutup lahan

### Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan (mm) tiap satu satuan tahun (detik). Waktu Konsentrasi ( $t_c$ ) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh menuju ke titik control yang ditentukan di bagian hilir saluran. Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

- Inlet Time ( $t_0$ ) yaitu waktu yang diperlukan untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran.

- Conduit Time ( $t_d$ ) yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang saluran menuju titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir.

Waktu konsentrasi sangat bervariasi dipengaruhi faktor-faktor sebagai berikut :

- Luas daerah pengaliran.
- Panjang saluran drainase.
- Debit dan kecepatan aliran.
- Kemiringan dasar drainase.

Untuk menghitung intensitas curah hujan menggunakan rumus Metode Mononobe dengan rumus ( Suripin, 2004 ) :

$$I = \frac{R}{2} \left( \frac{2}{t_c} \right)^{2/3}$$

Dimana :

- $I$  = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam).  
 $R$  = Curah hujan (mm).  
 $t_c$  = Waktu konsentrasi (Jam).

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya intensitas curah hujan adalah kala ulang dan waktu konsentrasi.

### Kala Ulang

Adalah periode jatuhnya hujan pada intensitas hujan tertentu yang digunakan sebagai dasar periode perencanaan saluran.

Saluran drainase terbagi menjadi dua, yaitu drainase wilayah perkotaan (drainase kota) dan drainase wilayah regional (drainase regional). Drainase kota dibagi menjadi lima (Moduto, 1998) :

- Saluran Drainase Induk Utama (DPS > 100 ha)
- Saluran Drainase Induk Madya (DPS 50 – 100 ha)
- Saluran Drainase Cabang Utama (DPS 25 – 50 ha)
- Saluran Drainase Cabang Madya (DPS 5 – 25 ha)
- Saluran Drainase Tersier (DPS 0 – 5 ha)

Saluran drainase induk (utama dan madya dengan DPS > 50 ha) dapat dikategorikan ke dalam system drainase mayor karena akibat kerusakan banjir dianggap besar, sedangkan saluran drainase cabang utama (sekunder DPS < 50 ha) dapat dikategorikan ke dalam system drainase minor karena akibat kerusakan banjir dianggap kecil.

#### a. Sistem Drainase Minor

Sistem drainase minor merupakan bagian dari sistem drainase yang menerima debit limpasan maksimum dari mulai aliran awal, yang terdiri dari inlet limpasan permukaan jalan, saluran dan parit drainase tepi jalan, gorong – gorong, got air hujan, saluran air terbuka dan lain-lain, yang didesain untuk menangani limpasan banjir minor sampai DPS sama dengan 50 ha. Saluran drainase minor didesain untuk Periode Ulang Hujan (PUH) 2 – 10 tahun, tergantung dari tata guna lahan di sekitarnya (Moduto. 1998)

#### b. Sistem Drainase Mayor

Selain untuk menerima limpasan banjir minor, sarana drainase harus dilengkapi dengan

suatu saluran yang dapat mengantisipasi terjadinya kerusakan-kerusakan besar akibat limpasan banjir yang mungkin terjadi setiap 25 – 100 tahun sekali. Sarana system drainase mayor meliputi saluran alami dan buatan, daerah banjir, dan jalur saluran drainase pembawa aliran limpasan besar serta bangunan pelengkapannya (Moduto, 1998)

### Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi (*Tc*) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat dan (2) waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran, waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus ( *Suripin, 2004* ) :

$$T_c = T_0 + T_d$$

$$\left( \frac{L}{60 \cdot V} + 3,28 + L + \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \text{ menit}$$

Dimana :

$$T_0 = ($$

Dan

$$T_d = \left( \frac{L}{60 \cdot V} \right) \text{ menit}$$

Keterangan :

$T_c$  = Waktu konsentrasi (*Jam*).

$T_0$  = Waktu yang diperlukan air dari titik yang terjauh ke saluran terdekat (*menit*).

$T_d$  = Waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran (*menit*).

$n$  = Koefisien Hambatan

$L$  = Panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (*m*).

$S$  = Kemiringan lahan.

$V$  = Kecepatan air rata-rata disalurkan (*m/dtk*).

### Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit banjir terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Debit banjir rancangan untuk perencanaan suatu system jaringan drainase diperhitungkan dari debit air hujan dan debit buangan penduduk dengan periode ulang T (tahun).

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya. Metode ini masih cukup akurat apabila diterapkan pada suatu wilayah perkotaan yang kecil sampai sedang. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk ( *Soewarno, 1995* ) :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

Dengan :

$Q$  = Debit banjir ( $m^3/dtk$ )

$C$  = Koefisien pengaliran

$A$  = Luas DAS ( $km^2$ )

$I$  = Intensitas hujan ( $m/dtk$ )

Atau

$$Q = 0,00278.C.I.A$$

Dengan :

$Q$  = Debit banjir ( $m^3/dtk$ )

$C$  = Koefisien pengaliran

$A$  = Luas DAS ( $Ha$ )

$I$  = Intensitas hujan ( $m/dtk$ )

### Analisa Hidraulika

#### Kapasitas Saluran

Perhitungan dimensi saluran digunakan rumus kontinuitas dan rumus Manning, sebagai berikut:

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

$A$  : Luas penampang melintang saluran ( $m^2$ )

$V$  : Kecepatan rata-rata aliran ( $m/dtk$ )

Kecepatan aliran air merupakan salah satu parameter penting dalam mendesain dimensi saluran, dimana kecepatan minimum yang diperbolehkan tidak akan menimbulkan pengendapan dan mencegah pertumbuhan tanaman dalam saluran. Sedangkan kecepatan maksimum yang diperbolehkan tidak akan menimbulkan penggerusan pada bahan saluran.

Rumus :

$$V = 1/n \cdot R \cdot S^{1/2}$$

Dimana :

$V$  : kecepatan rata-rata aliran ( $m/dtk$ )

$n$  : Koefisien manning

$R$  : Jari – jari hidrolis

$S$  : Kemiringan saluran (  $m$  )

#### Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran disesuaikan dengan keadaan topografi dan energi yang diperlukan untuk mengalirkan air secara gravitasi dan kecepatan yang ditimbulkan harus sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Kemiringan saluran samping jalan ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan, hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran samping jalan arah memanjang yang dikaitkan dengan erosi aliran. memperlihatkan hubungan kemiringan saluran samping jalan dan jenis material.

#### Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan untuk saluran terbuka dengan permukaan diperkeras ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain : ukuran saluran, kecepatan aliran, arah belokan saluran dan debit banjir. Tinggi jagaan biasanya diambil antara 15 sampai 60 cm

#### Bangunan Pelengkap

Bangunan-bangunan dimaksud adalah bangunan yang ikut mengatur dan mengontrol sistem aliran air hujan yang ada dalam perjalanannya menuju pelepasan (*outfall*) agar aman dan mudah melewati daerah curam atau melintasi jalan-jalan raya. Bangunan-bangunan dimaksud berupa: gorong-gorong (*culvert*), dan pintu otomatis (*pintu klep*).

#### Penampang Saluran

Tipe saluran drainase ada dua macam, yaitu: saluran tertutup dan saluran terbuka. Dalam saluran tertutup kemungkinan dapat terjadi aliran bebas maupun aliran tertekan pada saat berbeda, misalnya gorong-gorong untuk drainase, pada saat normal alirannya bebas sedangkan pada

saat banjir yang menyebabkan gorong-gorong penuh maka alirannya adalah tertekan.

Aliran pada saluran terbuka mempunyai bidang kontak hanya pada dinding dan dasar saluran. Saluran terbuka dapat berupa:

- Saluran alamiah atau buatan, yang terdiri dari:
- Galian tanah, dengan atau tanpa lapisan penahan;
- Terbuat dari pipa, beton, pasangan batu;
- Berbentuk persegi, segitiga, trapesium, lingkaran, tapal kuda, atau tidak beraturan.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Secara administrasi lokasi kegiatan berada di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi Penelitian tersebut berada pada daerah kawasan Jl. Wahid Hasyim II, Sempaja Selatan., Samarinda Utara, Kota Samarinda.

### **Populasi dan Sample**

Lokasi kajian berada di daerah permukiman yang padat sehingga dipilih proyek penelitian di Jalan Wahid Hasyim II Samarinda dengan panjang penanganan saluran drainase bagian kanan dan kiri 3,003 Km.

### **Teknik Pengumpulan Data**

Untuk yang melakukan penyusunan tugas akhir ini, penulis mengumpulkan data-data yang dipakai untuk melakukan analisa dan perhitungan pada penelitian ini didapat dari beberapa sumber, antara lain :

- a. Pengumpulan data sekunder  
Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu dinas, Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika (Stasiun Metereologi Temindung Samarinda), Dinas Pekerjaan Umum (PU), dan instansi terkait lainnya.
- b. Pengumpulan Data Primer  
Data Primer diperoleh dengan cara survey langsung di lapangan (Jl. Wahid Hasyim II). Seperti pengambilan dokumentasi, survey batas daerah tangkapan air dan luas total perencanaan.

### **Tahap Analisa Data**

Tahapan analisa data dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Analisa Hidrologi
  - Analisa data curah hujan
  - Analisa curah hujan rata rata
  - Analisa debit banjir
2. Analisa Hidrolika
  - Analisa saluran existing
  - Analisa data lapangan
  - Perencanaan dimensi saluran existing

### **Waktu Penelitian**

Untuk menyelesaikan tugas akhir tentang penelitian ini, penulis memprediksikan waktu dari awal pengajuan judul selesainya penyusunan tugas

akhir ini dengan waktu yang di berikan selama 3 (tiga) bulan dari pihak fakultas teknik.

## **PEMBAHASAN**

### **Penyebab Yang Mempengaruhi Banjir**

Penelitian dan pembahasan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir di daerah Jalan Wahid Hasyim II. Berikut faktor – faktor penyebab yang mempengaruhi banjir yaitu sedimentasi dan sampah.

### **Hasil Analisa**

Dalam studi ini dipakai data curah hujan harian kota Samarinda dari stasiun pencatat curah hujan Bandara Temindung kota Samarinda di mulai dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2016 (17 tahun) yang disajikan pada tabel. Dalam pengolahan data curah hujan ini digunakan curah hujan harian maksimum (mm) tiap tahunnya.

**Tabel Curah Hujan Harian Rata – Rata Tahun 2000 sampai dengan Tahun 2016 (17 tahun)**

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2000	64.5
2	2001	87.7
3	2002	64.5
4	2003	87.7
5	2004	118.2
6	2005	108
7	2006	306.5
8	2007	339.7
9	2008	501
10	2009	309.1
11	2010	320.1
12	2011	319.2
13	2012	372
14	2013	363.1
15	2014	447.8
16	2015	344.8
17	2016	366.6

**Tabel Perhitungan Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Log Person Type III**

No	Tahun	Curah Hujan (X) mm	Log X	(log X - log X <sub>r</sub> )	(log X - log X <sub>r</sub> ) <sup>2</sup>	(log X - log X <sub>r</sub> ) <sup>3</sup>	(log X - log X <sub>r</sub> ) <sup>4</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2000	64,5	1,80956	-0,52640	0,27710	-0,14587	0,07679
2	2001	87,7	1,94300	-0,39296	0,15442	-0,06068	0,02385
3	2002	64,5	1,80956	-0,52640	0,27710	-0,14587	0,07679
4	2003	87,7	1,94300	-0,39296	0,15442	-0,06068	0,02385
5	2004	118,2	2,07262	-0,26335	0,06935	-0,01826	0,00481
6	2005	108	2,03342	-0,30254	0,09153	-0,02769	0,00838
7	2006	306,5	2,48643	0,15047	0,02264	0,00341	0,00051
8	2007	339,7	2,53110	0,19513	0,03808	0,00743	0,00145
9	2008	501	2,69984	0,36387	0,13240	0,04818	0,01753
10	2009	309,1	2,49010	0,15414	0,02376	0,00366	0,00056
11	2010	320,1	2,50529	0,16932	0,02867	0,00485	0,00082
12	2011	319,2	2,50406	0,16810	0,02826	0,00475	0,00080
13	2012	372	2,57054	0,23458	0,05503	0,01291	0,00303
14	2013	363,1	2,56003	0,22406	0,05020	0,01125	0,00252
15	2014	447,8	2,65108	0,31512	0,09930	0,03129	0,00986
16	2015	344,8	2,53757	0,20160	0,04064	0,00819	0,00165
17	2016	366,6	2,56419	0,22823	0,05209	0,01189	0,00271
Jumlah		<b>4520.500</b>	<b>39.71138</b>		<b>1.59500</b>	<b>-0.31124</b>	<b>0.25590</b>
Rata - Rata		265.9118	2.3360				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

**Tabel Perhitungan Curah Hujan Metode Gumbel**

No	Tahun	Curah Hujan (X) mm	Xi	(Xi - X <sub>r</sub> )	(Xi - X <sub>r</sub> ) <sup>2</sup>	(Xi - X <sub>r</sub> ) <sup>3</sup>	(Xi - X <sub>r</sub> ) <sup>4</sup>
A	B	C	D	E	F	G	I
1	2000	64,5	64,5	-201,41	40566,70	-8170610,43	1645657064,67
2	2001	87,7	64,5	-201,41	40566,70	-8170610,43	1645657064,67
3	2002	64,5	87,7	-178,21	31759,43	-5659904,62	1008661589,54
4	2003	87,7	87,7	-178,21	31759,43	-5659904,62	1008661589,54
5	2004	118,2	108	-157,91	24936,13	-3937707,57	621810351,59
6	2005	108	118,2	-147,71	21818,77	-3222888,35	476058525,00
7	2006	306,5	306,5	40,59	1647,40	66865,26	2713942,72
8	2007	339,7	309,1	43,19	1865,22	80555,72	3479059,33
9	2008	501	319,2	53,29	2839,64	151319,19	8063532,73
10	2009	309,1	320,1	54,19	2936,36	159116,43	8622238,50
11	2010	320,1	339,7	73,79	5444,70	401755,08	29644798,03
12	2011	319,2	344,8	78,89	6223,35	490949,39	38730130,87
13	2012	372	363,1	97,19	9445,55	917996,64	89218472,98
14	2013	363,1	366,6	100,69	10138,12	1020789,49	102781491,87
15	2014	447,8	372	106,09	11254,71	1193992,71	126668579,74

16	2015	344,8	447,8	181,89	33083,33	6017468,54	1094506733,05
17	2016	366,6	501	235,09	55266,48	12992498,87	3054383631,83
Jumlah		<b>4520,50</b>			<b>331552,04</b>	<b>-11328318,70</b>	<b>10965318796,65</b>
Rata - Rata		265,9118					

**Tabel Uji Smirnov Kolmogorof**

No	Tahun	Curah Hujan (X)	Log Xi (mm)	P(X) = m/(n+1)	P(x<)	f(t)=(Xi-Xrt)/S	P'(X) = m/(n-1)	P'(x<)	P(x) - P'(x)
1	2	3	4	5	6 = 1 - 5	7	8	9 = nilai 1 - 8	10 = 6 - 9
1	2000	64,5	1,8096	0,0556	0,9444	-1,6672	0,0625	0,9375	0,0069
2	2002	64,5	1,8096	0,1111	0,8889	-1,6672	0,1250	0,8750	0,0139
3	2001	87,7	1,9430	0,1667	0,8333	-1,2446	0,1875	0,8125	0,0208
4	2003	87,7	1,9430	0,2222	0,7778	-1,2446	0,2500	0,7500	0,0278
5	2005	108	2,0334	0,2778	0,7222	-0,9582	0,3125	0,6875	0,0347
6	2004	118,2	2,0726	0,3333	0,6667	-0,8341	0,3750	0,6250	0,0417
7	2006	306,5	2,4864	0,3889	0,6111	0,4766	0,4375	0,5625	0,0486
8	2009	309,1	2,4901	0,4444	0,5556	0,4882	0,5000	0,5000	0,0556
9	2011	319,2	2,5041	0,5000	0,5000	0,5324	0,5625	0,4375	0,0625
10	2010	320,1	2,5053	0,5556	0,4444	0,5363	0,6250	0,3750	0,0694
11	2007	339,7	2,5311	0,6111	0,3889	0,6180	0,6875	0,3125	0,0764
12	2015	344,8	2,5376	0,6667	0,3333	0,6385	0,7500	0,2500	0,0833
13	2013	363,1	2,5600	0,7222	0,2778	0,7097	0,8125	0,1875	0,0903
14	2016	366,6	2,5642	0,7778	0,2222	0,7229	0,8750	0,1250	0,0972
15	2012	372	2,5705	0,8333	0,1667	0,7430	0,9375	0,0625	0,1042
16	2014	447,8	2,6511	0,8889	0,1111	0,9981	1,0000	0,0000	0,1111
17	2008	501	2,6998	0,9444	0,0556	1,1525	1,0625	-0,0625	0,1181
Jumlah		<b>4520,500</b>	<b>39,711</b>						
Rata - rata		<b>265,912</b>	<b>2,336</b>						

(Sumber : Hasil Perhitungan)

**Tabel Perhitungan intensitas curah hujan periode ulang 10 tahun**

Saluran	L (m)	Siope	Tc (Jam)	Tc (menit)	R <sub>24</sub> (mm)	I (mm/jam)
Saluran 1	1357	0,004517	0,320	19,175	512,24	379,908
Saluran 2	1340	0,004575	0,317	19,010	512,24	382,101
Saluran 3	672	0,008780	0,192	11,530	512,24	533,266
Saluran 4	673	0,008767	0,191	11,455	512,24	535,608
Saluran 5	468	0,011325	0,139	8,358	512,24	660,866
Saluran 6	473	0,011205	0,143	8,555	512,24	650,673
Saluran 7	526	0,004373	0,152	9,144	512,24	622,427
Saluran 8	520	0,004423	0,149	8,934	512,24	632,110

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel Perhitungan Debit Aliran Periode Ulang 10 Tahun**

Saluran	C	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Qbr (m <sup>3</sup> /dt)
Saluran 1	0,308	379,908	0,22522	7,332
Saluran 2	0,401	382,101	0,31845	13,554
Saluran 3	0,401	533,266	0,15410	9,162
Saluran 4	0,240	535,608	0,16513	5,909
Saluran 5	0,407	660,866	0,06814	5,100
Saluran 6	0,358	650,673	0,07436	4,811
Saluran 7	0,356	622,427	0,08992	5,543
Saluran 8	0,410	632,110	0,06620	4,768

Sumber : Hasil Perhitungan

**Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Pada Kondisi Tahun 2017**

SALURAN	DIMENSI EXISTING										
	B (m)	H(m)	h(m)	m	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	S	V	Q (m <sup>3</sup> /dt)
Saluran 3	1.85	1.50	1.25	0.0750	2.4297	4.3570	0.5576	0.016	0.00714	3.5787	8.695
Saluran 4	1.85	1.50	1.25	0.0750	2.4297	4.3570	0.5576	0.007	0.00713	8.1738	19.860
Saluran 5	1.39	1.20	0.90	0.0550	1.2956	3.1927	0.4058	0.016	0.00235	1.6608	2.152
Saluran 6	1.39	1.20	0.90	0.0550	1.2956	3.1927	0.4058	0.016	0.00233	1.6520	2.140
Saluran 7	1.10	1.10	0.80	0.0500	0.9120	2.7020	0.3375	0.019	0.01426	3.0467	2.779
Saluran 8	1.10	1.10	0.80	0.0500	0.9120	2.7020	0.3375	0.019	0.01442	3.0642	2.795
Jumlah											38.420

**Tabel Saluran Drainase yang direncanakan hingga 2027 ( 10 Tahun )**

SALURAN	DIMENSI EXISTING										
	B (m)	H(m)	h(m)	m	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	S	V	Q (m <sup>3</sup> /dt)
Saluran 3	2.00	2.00	1.40	0.0750	2.9470	4.8079	0.6130	0.016	0.00714	3.8115	11.233
Saluran 4	2.00	2.00	1.40	0.0750	2.9470	4.8079	0.6130	0.016	0.00713	3.8087	11.224
Saluran 5	2.00	2.00	1.40	0.0550	2.9078	4.8042	0.6053	0.016	0.00235	2.1681	6.304
Saluran 6	2.00	2.00	1.40	0.0550	2.9078	4.8042	0.6053	0.016	0.00233	2.1566	6.271
Saluran 7	2.00	2.00	1.40	0.0500	2.8980	4.8035	0.6033	0.016	0.01426	5.3286	15.442
Saluran 8	2.00	2.00	1.40	0.0500	2.8980	4.8035	0.6033	0.016	0.01442	5.3592	15.531
Jumlah											66.006

Panjang Saluran 274 m. Q Saluran Drainase Pengalih = Jumlah Q saluran rencana periode 10 ulang tahun – Jumlah Q saluran existing, Jadi, Q saluran Drainase Pengalih : 66,006 m<sup>3</sup>/dt – 38,420 m<sup>3</sup>/dt = 27,586 m<sup>3</sup>/dt. Presentase air yang di alihkan ke saluran pengalih sebanyak 42% dari total Q saluran rencana dan Q saluran existing.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan pada penelitian ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab yang mempengaruhi banjir di Jalan Wahid Hasyim II pada kota Samarinda dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Sedimentasi yang terjadi akibat sisa – sisa material pekerjaan tambang batu gunung.
- Pengendapan sampah dari daerah pemukiman padat penduduk yang ada di sekitar saluran drainase.
- Kondisi dimensi penampang saluran yang tidak mencukupi.

2. Kapasitas debit banjir pada saluran rancangan periode ulang 10 tahun adalah sebagai berikut:

- Saluran 1 = 7,332 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 2 = 13,554 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 3 = 9,162 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 4 = 5,909 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 5 = 5,100 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 6 = 4,811 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 7 = 5,543 m<sup>3</sup>/detik
- Saluran 8 = 4,768 m<sup>3</sup>/detik

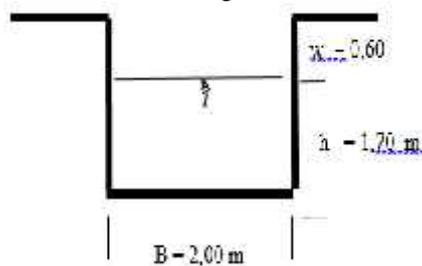
3. Penanggulangan Banjir di Jalan Wahid Hasyim II Kota Samarinda sebagai berikut:

Dimensi saluran rencana > dimensi saluran existing. Dalam perhitungan kapasitas daya tampung saluran drainase rancangan periode ulang 10 tahun sebenarnya mencukupi. Akan tetapi kenyataan yang ada di lapangan tidak bisa di aplikasikan untuk perhitungan perencanaan nya. Kondisi di daerah Jalan Wahid Hasyim II tidak memungkinkan lagi untuk di bongkar untuk rehabilitasi saluran drainase nya, karena adanya pemukiman padat penduduk di ruas jalan utama, dari arah kiri Jalan Wahid Hasyim II tidak bisa dilebarkan karena ada nya bangunan permanen, dari arah kanan jalan juga tidak memungkinkan untuk di lebarkan karna ada nya bangunan permanen serta bahu jalan yang sempit, untuk menanggulangi hal tersebut di

rencananya saluran pengalih sebagai salah satu solusi untuk mengatasi banjir di daerah Jalan Wahid Hasyim II.

4. Kapasitas drainase pengalih yang mampu menampung sisa debit banjir :
  - Lebar Saluran (B) : 2,00 m
  - Tinggi Saluran penampang basah(h) : 1,70 m
  - Tinggi Jagaan (w) : 0,60 m

Penampang yang digunakan yaitu berbentuk Persegi.



#### Saran

- Perlu adanya perubahan dimensi ukuran pada saluran yang mengalami limpasan/banjir.
- Perlu adanya pembuatan saluran pengalih, setidaknya dapat mengurangi proses terjadinya banjir, karna sebagian air yang mengalir di limpahkan ke lain area, jadi air tidak tertumpuk dalam satu area saja.
- Dilakukan normalisasi atau pengerukkan pada saluran agar sampah dan sedimentasi dapat dibuang sehingga air dapat mengalir dengan lancar dan cepat.
- Perlu dilakukannya rehabilitasi secara menyeluruh terhadap saluran drainase agar dapat mengoptimalkan laju aliran air secara maksimal.

- Perlu adanya penyuluhan buang sampah pada tempatnya untuk warga setempat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Samarinda, Tahun 2017.
- Arsyad, 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.  
<http://yudhacivil.blogspot.co.id/2014/09/aliran-permukaan.html>
- Asdak, Chay, 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Alirah Sungai*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.  
<http://geoenviron.blogspot.co.id/2011.html>
- Edisono, Sutarto, dkk, 1997. *Drainase Perkotaan*, Gunadarma, Jakarta.
- Imam Subarkah, 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Saifuddin Azwar, 1996. *Tes Prestasi, Fungsi dan Pengembangan Pengukuran Prestasi Belajar, Pustaka Pelajar*, Yogyakarta.
- Suhardjono, 1981. *Drainase Perkotaan*. Gunadarma. Jakarta.
- Suripin, M. Eng, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sosrodarsono Suyono dan Kensaku Takeda, 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradya Paramitha, Bandung.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I dan II*, Nova Offset, Bandung.
- Ven Te Chow, 1985. Alih Bahasa, E.V. Nensi Rosalina, 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Tri Utami, 2016. *Jurnal Desain Penampang Sungai Way Besai Melalui Peningkatan Kapasitas Sungai Menggunakan Software Hec-Ras*. Universitas Lampung Bandar Lampung.