

**Kajiam Efisiensi Pembuatan Kolam Penampungan Untuk Penanggulangan Banjir Di Perumahan Istana Tegal Besar Kabupaten Jember**  
**Study Of The Efficiency Of Constructing Hollow Polls For Flood Management In The Palace Housing In Tegal Besar, Jember District**

**Riza Umamy.<sup>1</sup>; Nanang Saiful Rizal.<sup>2</sup> ; Pujo Priyono<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [rizanafisa.16@gmail.com](mailto:rizanafisa.16@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id](mailto:nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [pujopriyono@unmuhjember.ac.id](mailto:pujopriyono@unmuhjember.ac.id)

**RINGKASAN**

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang siklus air di alam. Secara khusus hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas permukaan maupun di bawah permukaan tanah. Dalam perjalanannya menuju laut sebagian akan mengalami penguapan. Air yang masuk ke dalam tanah sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran intra (*interflow*). Sebagian lagi akan terus turun dan masuk ke dalam air tanah yang keluar sedikit demi sedikit dan masuk ke dalam sungai sebagai aliran bawah tanah (*groundwater flow*). Debit banjir puncak rancangan yang menggenangi di Perumahan Istana Tegal Besar didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 1438,19 m<sup>3</sup>/s dengan periode ulang 10 tahun. Sesuai hasil kondisi di lapangan kapasitas tampungan drainase pada Perumahan Istana Tegal Besar Jember ada perubahan dimensi di beberapa saluran yang dikarenakan tidak dapat menampung debit air. Langkah yang dapat diambil guna mengatasi titik genangan banjir pada daerah penelitian yaitu dengan cara menggunakan kolam penampungan. Kolam penampungan 1 dengan waktu 260 menit menggunakan pompa penghisap berkapasitas 10 m<sup>3</sup>/detik maka volume kolam penampungan didapat 156275,25 m<sup>3</sup>. Kolam penampungan 2 dengan waktu 260 menit menggunakan pompa penghisap kapasitas pompa 2 m<sup>3</sup>/detik, maka volume kolam retensinya didapat 23731,68 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci :** Hidrologi, Interflow, Groundwater Flow

**ABSTRACT**

*In particular, hydrology is defined as the study of the occurrence of water systems above the surface and below the surface of the soil. On its way to the sea some of it will experience evaporation. Some of the water that enters the soil will come out again to the river which is called intra-flow.interflow). Some will continue to go down and enter the groundwater which will come out little by little and enter the river as an underground flow (groundwater flow). The design peak flood discharge that inundated the Tegal Besar Palace Housing was obtained from the calculation results of 1438.19 m<sup>3</sup>/s with a return period of 10 years. According to the results of the conditions in the field, the drainage capacity of the Tegal Besar Jember Palace Housing has changed dimensions in several channels because they cannot accommodate water discharge. Steps that can be taken to overcome flood inundation points in the research area are by using a holding pond. Storage pond 1 with a time of 260 minutes using a suction pump with a capacity of 10 m<sup>3</sup>/second second then the volume of the holding pond is 156275.25m<sup>3</sup>. Reservoir pond 2 with a time of 260 minutes using a suction pump with a pump capacity of 2 m<sup>3</sup>/second, then the volume of the retention pond is 23731.68m<sup>3</sup>.*

**Keywords :** Hidrologi, Interflow, Groundwater Flow

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kabupaten Jember memiliki luas wilayah 3.293 km<sup>2</sup>. Dengan jumlah populasi sekitar 2.536.729 Jiwa. Dimana sering terjadi genangan di beberapa Kabupaten atau Kota. Meskipun sudah ada saluran drainase, daya tampung saluran drainase tidak dapat menampung limpasan air hujan sehingga air bangunan meluber ke kanan kiri saluran yang mengakibatkan genangan. Dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pembangunan berupa kawasan di kabupaten Jember, khususnya di kecamatan kaliwates telah menyebabkan peningkatan kebutuhan terhadap permukiman. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan fungsi tata guna lahan. Semakin meningkat pengalihan fungsi dari lahan terbuka menjadi lahan permukiman menyebabkan berkurangnya daerah resapan air hujan. Perubahan tata guna lahan juga mempengaruhi system hidrologi sehingga dapat menyebabkan terjadinya banjir pada musim hujan dan kekeringan di musim kemarau. Perumahan Istana Tegal Besar yang terletak di Kabupaten Jember, memiliki pekarangan rumah sebagai lahan terbuka sangat sempit bahkan ada beberapa rumah tanpa lahan terbuka sedikitpun, sehingga pada saat terjadi hujan air tersebut kurang mengisi kembali air tanah dangkal. Belum adanya penerapan kolam penampungan air hujan di perumahan tersebut, maka di anggap perlu direncanakan kolam penampungan di daerah perumahan tersebut. Pemanfaatan perencanaan ini diharapkan dapat memberikan informasi bersifat menganalisa kapasitas kolam retensi yang dibutuhkan dalam usaha mencegah terjadinya luberan air hujan dari drainase pada masa mendatang.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut diatas dan agar pembahasan lebih terarah serta mendalam supaya sesuai dengan tujuan, maka permasalahan dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa debit banjir rancangan yang menggenang di Perumahan Istana Tegal Besar ?

2. Bagaimana daya tampung drainase perumahan tersebut ?
3. Langkah apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi genangan pada daerah penelitian ?
4. Berapakah volume yang dapat ditampung kolam retensi ?

### C. Pembatasan Masalah

Agara pembahasan lebih terarah maka diperlukan batasan masalah untuk mencegah melebarnya lingkup permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan harian yang digunakan yaitu data dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Sumber Daya Kabupaten Jember.
2. Saluran yang di analisis yaitu drainase yang terdapat di Perumahan Istana Tegal Besar.
3. Sistem aliran drainase tertutup.
4. Tidak meninjau rencana anggaran biaya.
5. Tidak meninjau sedimentasi dan stabilitas struktur.

### D. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari perencanaan ini adalah :

1. Mengetahui debit banjir rencana 10 tahun kedepan agar dapat menyesuaikan perencanaan ulang dimensi saluran.
2. Mendapatkan data existing untuk melakukan peninjauan apakah existing saluran dapat mampu menampung hujan rencana.
3. Untuk mengetahui kapasitas Kolam penampungan yang dapat direncanakan pada Perumahan Istana Tegal Besar.

### E. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan pembelajaran tentang perencanaan kolam penampungan sebagai alternatif limpasan yang berlebihan dan terjadi genangan.
2. Sebagai bahan informasi dan menjadi acuan bagi peneliti lainnya khususnya yang mendalami bidang air, selain itu agar dapat berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dimasa sebagai kini bahkan dimasa mendatang.
3. Menambah wawasan dan pengalaman sebagai penerapan ilmu yang telah diperoleh

selama menempuh pendidikan pada Jurusan Teknik Sipil.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang siklus air di alam. Secara khusus hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas permukaan maupun di bawah permukaan tanah. Secara luas hidrologi meliputi pula berbagai bentuk cair, termasuk transformasi antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah ( Soemarto, CD : 1995 ).

Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut. Penguapan dari daratan terdiri dari evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan proses menguapnya air dari permukaan tanah, sedangkan transpirasi adalah proses menguapnya air dari tanaman. Uap yang dihasilkan mengalami kondensasi dan dipadatkan membentuk awan-awan yang nantinya dapat kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi. Sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian lagi mencapai permukaan tanah. presipitasi yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan sebagian akan diuapkan dan sebagian lagi mengalir melalui dahan (*stem flow*) atau jatuh dari daun (*trough fall*) dan akhirnya sampai ke permukaan tanah. Air yang sampai ke permukaan tanah sebagian akan berinfiltrasi dan sebagian lagi mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah kemudian mengalir ketempat yang lebih rendah (*runoff*), masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanannya menuju laut sebagian akan mengalami penguapan. Air yang masuk ke dalam tanah sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran intra (*interflow*). Sebagian lagi akan terus turun dan masuk ke dalam air tanah yang keluar sedikit demi sedikit dan masuk ke dalam sungai sebagai aliran bawah tanah

(*groundwater flow*), dan begitu seterusnya (Soemarto, 199 ).

### B. Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Perhitungan analisis frekuensi merupakan pengulangan suatu kejadian untuk meramalkan atau menentukan periode ulang berikut nilai probabilitas. Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Adapun distribusi yang dipakai dapat ditentukan setelah mengetahui karakteristik data yang ada, yaitu data curah hujan rata-rata maksimum. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi.

### C. Uji Kecocokan

#### 1. Uji Chi-Kuadrat

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu.

$$\chi^2 = \sum_i^k \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

Dengan :

$\chi^2$  : Harga *Chi Square*

K : Jumlah data

O<sub>f</sub> : Frekuensi yang dibaca pada kelas yang sama

E<sub>f</sub> : Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

#### 2. Uji Smirnov

Dikenal dengan uji kecocokan *non parametric* karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

### D. Limpasan (*run off*)

Limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan, aliran-aliran yang tertunda pada cekungan-cekungan, dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*). Faktor-faktor yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi :

1. Intensitas hujan
2. Durasi hujan,
3. Distribusi curah hujan

### E. Laju Aliran Puncak

Di dalam suatu analisis hidrologi hasil akhir yang didapat salah satunya berupa

perkiraan laju aliran puncak (debit banjir rencana). Perkiraan debit banjir dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode dan ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis (*engineering judgement*). Metode yang umum dipakai untuk DAS kecil adalah metode Rasional.

#### F. Saluran Drainase

Perencanaan dimensi saluran drainase tergantung pada besarnya kapasitas aliran, yaitu jumlah air yang perlu dibuang ( $Q$ ), karakteristik saluran ( $n$ ,  $C$ ,  $K$ ), dan keadaan topografi daerah ( $I$ ). Perhitungan dimensi saluran menggunakan metode Manning. Hubungan dasar untuk aliran yang seragam dinyatakan dengan persamaan:

$$F = \frac{Q}{v}$$

$$V = \frac{i}{n} (R)^{2/3} - (I)^{1/2}$$

Di mana :

$v$  = kecepatan rata-rata saluran (m/detik)

$n$  = koefisien kekasaran Manning

$R$  = jari ± jari hidrolis (m)

$P$  = keliling basah (m)

$A$  = luas penampang saluran ( $m^2$ )

$i$  = kemiringan saluran

$b$  = lebar (m)

$h$  = tinggi muka air (m) Sedangkan rumus yang lain :

$$Q = V \times A$$

Di mana :

$Q$  = debit aliran ( $m^3/detik$ )

$V$  = kecepatan rata-rata saluran (m/detik)

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

#### G. Kolam Tampungan

Kolam penampungan (kolam retensi) adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam penampungan (kolam retensi) dibagi menjadi 2 macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam yaitu kolam alami dan kolam buatan.

Untuk merencanakan pembanguna kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan kontruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data

curah hujan untuk rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam retensi yang akan dibangun. Pada perencanaan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993).

### 3. METODOLOGI

#### A. Lokasi Perencanaan

Lokasi yang secara administratif, perumahan ini berada di Lingkungan Perumahan Istana Tegal Besar Kabupaten Jember, seperti di sajikan pada **gambar 1** berikut ini :



**Gambar 1.** Lokasi Perencanaan Perumahan Istana Tegal Besar

Sumber : gambar google earth 2021

#### B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini data terdiri dari dua macam yaitu data primer dan sekunder. Data meliputi :

##### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan, pengukuran dan analisa. Secara umum pengertian data primer adalah data yang diperoleh dari sumber pertama atau sumber data atau data yang dikumpulkan peneliti secara langsung melalui obyek penelitian seperti tinjauan ke lokasi dan data ini biasanya diolah. Disini peneliti melihat keadaan areal perumahan serta kondisi sekitar.

2. Data skunder adalah data yang mendukung penelitian dan memberikan gambaran umum tentang hal-hal yang mencakup penelitian. Pengumpulan data sekunder didapatkan dari instansi-instansi yang terkait dalam permasalahan

ini, seperti jurnal, buku literatur, internet dan data-data yang digunakan berupa data curah hujan. Secara umum pengertian data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak kedua, data ini biasanya sudah dalam keadaan diolah.

### C. Metode Pengolahan dan Analisis Data

#### 1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana serta debit banjir rencana dalam periode ulang tertentu (*Return Period*). Dalam sistem drainase di kawasan permukaan direncanakan curah hujan rancangan dengan periode ulang 10 tahun ( $R_{10}$ ) dan debit banjir dengan periode ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ).

- Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata
- Analisis Frekuensi dan Distribusi Curah Hujan Rancangan

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Distribusi Normal	$C_s = 0, C_k = 3$
2	Distribusi Log Normal	$C_s = 3 C_v, C_v = 0,6$
3	Distribusi Gumbel	$C_s < 1,1396, C_k < 5,4002$
4	Distribusi Log Person Type III	Yang tidak termasuk diatas

- Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi
- Uji smirnov Kolmogrov
- Uji Chi-Square
- Merencanakan Debit Banjir Rencana

#### 2. Analisis Hidrolika

- Kemiringan Dasar Saluran

$$I = \frac{\Delta H}{L}$$

- Dimensi Saluran

A = Penampang dasar saluran

V = Kecepatan aliran dalam saluran

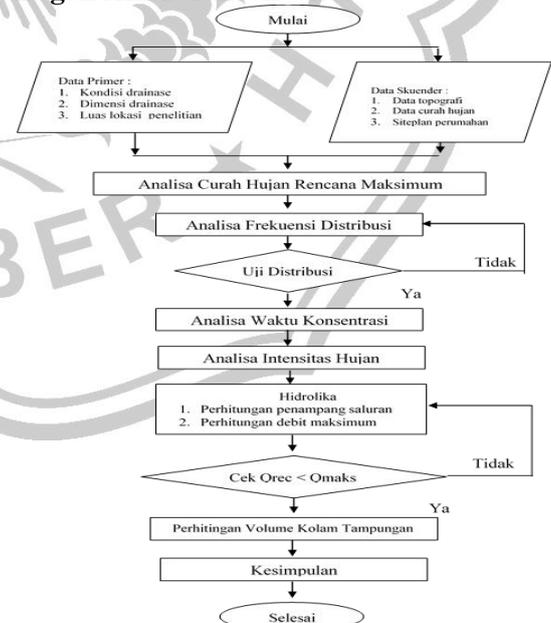
$$Q = V \times A$$

### D. Alur Penelitian

1. Tentukan sistem drainase, untuk mengetahui sub-sub percabangan drainase.
2. Tentukan zona DAS per area saluran, guna mengetahui luasan DAS per saluran.

3. Hitung curah hujan maksimum dengan metode poloigon thiessen akan memperoleh data yang lebih maksimal.
4. Hitung curah hujan rencana menggunakan beberapa distribusi sesuai dengan nilai CS, dengan metode log normal, log person III atau gumbel guna untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu.
5. Uji dengan menggunakan distribusi frekuensi dengan uji Smirnov Kolmogrov dan uji Chi-Square untuk menentukan distribusi yang di pakai dapat diterima atau tidak.
6. Hitung intensitas hujan rata-rata, guna untuk mengetahui beberapa intensitas curah hujan yang ada di tiap-tiap saluran yang di tinjau dalam beberapa periode.
7. Hitung debit rencana, guna untuk mengetahui berpa debit hujan dengan melakukan penambahan debit sesuai arah aliran yang diketahui yang ada pada kawasan perumahan tersebut.
8. Tentukan dimensi saluran dan hitung berapa debitnya yang dapat ditampung dimensi tersebut, jika debit dimensi lebih besar atau sama dengan debit rencana maka lakukan perubahan dimensinya.

### E. Bagan Alir Perencanaan



**Gambar 2.** Flowchart

Sumber :Hasil Perhitungan 2022

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Analisa Hujan Rencana

Sungai Bedadung merupakan sungai utama yang terletak di Kabupaten Jember dan Sungai Bedadung yang mengalir dari lereng pegunungan Iyang melintasi pusat kota Jember dan bermuara ke Teluk Dampa, Samudra Hindia dekat Puger. Termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung yang berada dibawah pengawasan UPT. PSDA Jember. Pada pembahasan kali ini, penulis akan menganalisa kapasitas daya tampung drainase perumahan Istana Tegal Besar dan akan merencanakan pembuatan kolam retensi di perumahan tersebut. Langkah awal yang perlu dilakukan untuk menganalisa kapasitas daya tampung drainase yaitu mengetahui curah hujan yang terjadi. Kemudian menghitung curah hujan rata-rata pertahun dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Selanjutnya menghitung hujan rencana menggunakan distribusi yang nantinya memenuhi syarat. Debit rencana juga harus ditentukan untuk menganalisa perencanaan pembuatan kolam retensi ini. Debit yang akan digunakan adalah debit banjir dengan kala ulang 10 Tahun.).

##### B. Analisa Hidrologi

###### 1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisa ini adalah data curah hujan maksimum, yang bertujuan supaya analisa ini dapat mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Data curah hujan tersebut didapat dari stasiun-stasiun penakar hujan yang berada disekitar lokasi penelitian. Data curah hujan yang di ambil adalah curah hujan harian maksimum dari ke-empat stasiun tersebut selama 10 tahun dari tahun 2011 s/d 2020 yang disajikan pada tabel 4.1.

- Stasiun Hujan Jember
- Stasiun Hujan Wirolegi
- Stasiun Hujan Renes Ajung
- Stasiun Hujan Dam Semangir

**Tabel 1.** Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN ( mm )				TOTAL
		Jember	Wirolegi	Renes Ajung	Dam Semangir	
		R1	R2	R3	R4	Rtotal
1	2011	1.993	1.361	2.435	2.946	8.735
2	2012	1.444	856	2.201	2.636	7.137
3	2013	1.884	1.027	2.484	2.959	8.354
4	2014	1.619	1.331	1.742	2.273	6.965
5	2015	1.293	841	1.441	1.961	5.536
6	2016	1.707	1.838	2.586	3.732	9.863
7	2017	1.456	2.003	1.688	3.378	8.525
8	2018	1.201	1.486	1.200	2.789	6.676
9	2019	1.243	951	793	1.602	4.589
10	2020	1.805	2.168	2.098	2.860	8.931
	Rerata	1.565	1.386,2	1.866,8	2.713,6	7.531,1

Sumber: Hasil Perhitungan 2021

###### 2. Uji Konsistensi Data

Untuk melakukan uji konsistensi data, maka dapat dilakukan analisa lengkung massa ganda.

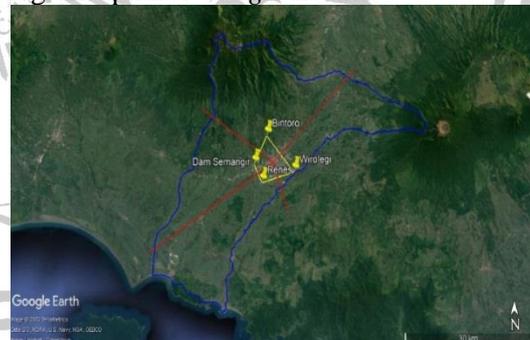
$$R1 = \sum CH \text{ bulanan perstasiun}$$

$$R1 \text{ kom} = R1 + R1 \text{ kom sebelumnya}$$

$$= 1444 + 1993 = 3437 \text{ mm}$$

###### 3. Aanalisa Curah Hujan

Untuk menghitung hujan maksimum rata-rata pertahun dari 4 stasiun, penulis menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Untuk mencari luas area, penulis menggunakan program aplikasi *Google Earth*.



**Gambar 3.** *Polygon Thiessen* Menggunakan *Google Earth*

Sumber : Aplikasi *Google Earth* 2021

###### 4. Analisa Hujan Rancangan

Dari analisa diatas dapat dilihat jenis distribusi yang akan digunakan, yaitu menggunakan jenis distribusi *Log Pearson III*. Jenis distribusi itu dipilih karena memeuhi syarat yang harus dipenuhi, yaitu dengan nilai  $Cs = 0,671$  dan juga  $Ck = - 0,202$ .

5. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data telah sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih, maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Yang digunakan untuk analisis uji kesesuaian distribusi ini adalah Uji *Chi-Square*. Berikut adalah perhitungan Uji *Chi Square* untuk Distribusi *Log Pearson Type III*.

6. Perhitungan Hidrograf Banjir

Sungai sampean merupakan sungai yang alirannya tidak tetap, dimana air yang mengalir berubah terhadap waktu. Maka dari itu diperlukan perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis untuk menghitung debit banjir rencana. Untuk menentukan hidrograf satuan Daerah Aliran Sungai Sampean akan dipergunakan Metode Nakayasu. Dimana pendekatan tersebut akan dipilih yang sesuai dengan karakteristik banjir di sungai yang bersangkutan. Dalam penggunaan metode HSS Nakayasu, diperlukan beberapa karakteristik parameter sebagai berikut:

- A = 1048,73 Km<sup>2</sup>
- L = 46,87 Km
- Ro = 1 mm
- C = 0,70
- α = 2,24

1. Mencari nilai waktu konsentrasi ( $t_g$ )

(Untuk  $L > 15$  Km)  
 $t_g = 0,47 + (0,058 \times L)$   
 $= 0,47 + (0,058 \times 46,87)$   
 $= 3,12$  Jam

2. Mencari Nilai Satuan Waktu Dari Curah Hujan ( $t_r$ )

$t_r = 0,5 \times t_g$   
 $= 0,75 \times 3,12$   
 $= 1,56$  Jam

3. Mencari Waktu Permulaan Banjir Sampai Puncak Hidrograf Banjir ( $t_p$ )

$t_p = t_g + 0,8 t_r$   
 $= 3,12 + (0,8 \times 1,16)$   
 $= 4,37$  Jam

4. Mencari Waktu Dari Puncak Banjir Sampai 0,3 Kali Puncak Banjir ( $T_{0,3}$ )

$T_{0,3} = \alpha \times t_g$   
 $= 2,24 \times 3,12$

= 6,99 Jam

5. Mencari Parameter  $Q_p$  (Debit Puncak Banjir) :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{0,70 \times 1048,73 \times 1}{3,6 \cdot (0,3(4,37) + (6,99))}$$

$Q_p = 24,54$  m<sup>3</sup>/det

• Mencari Ordinasi Hidrograf

1. Pada kurva naik sebelum mencapai debit puncak ( $Q_p$ )

Interval =  $(0 < t < T_p)$   
 $= (0 < t < 4,37)$

$Q_t = Q_p \frac{t^{2,4}}{T_p}$

$Q_2 = 24,54 \frac{(2)^{2,4}}{(4,37)} = 29,67$  m<sup>3</sup>/det

2. Pada kurva turun ( $Q_d$ )

Interval =  $(T_p < t < T_p + T_{0,3})$   
 $= (4,37 < t < (4,37 + 6,99))$   
 $= (4,37 < t < 11,36)$

$Q_d = Q_p + 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$

$Q_d = 24,54 \times 0,3^{\frac{8-4,37}{6,99}} = 13,14$  m<sup>3</sup>/det

3. Pada kurva turun ( $Q_t$ )

Interval =  $(T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$   
 $= (4,37 + 6,99 < t < 4,37 + 6,99 + (1,5 \times 6,99))$   
 $= (11,36 < t < 21,46)$

$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$

$Q_{16} = 24,54 \times 0,3^{[(16-4,37)+(0,5 \times 6,99)]/(1,5 \times 6,99)}$   
 $Q_{16} = 4,33$  m<sup>3</sup>/det

4. Pada kurva turun ( $Q_t$ )

Interval =  $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$   
 $= (t > 26,258)$

$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})}$

$Q_{28} = 24,54 \times 0,3^{[(28-4,37)+(1,5 \times 6,99)]/(1,5 \times 6,99)}$   
 $Q_{28} = 1,09$  m<sup>3</sup>/det

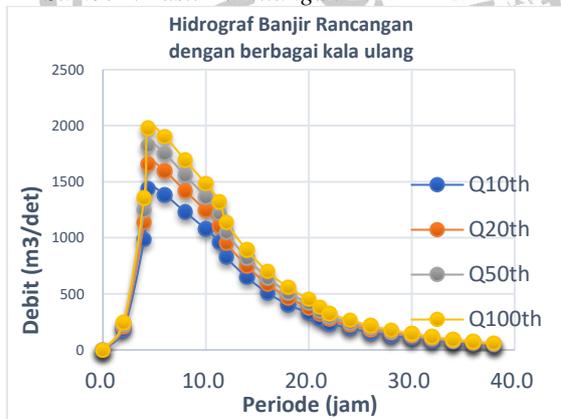
Ordinasi Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dapat dilihat pada tabel 4.19.

**Tabel 2.** Ordinasi Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
0,0	0,0000	bagian lengkung naik untuk $t < T_p$
1,00	0,7140	
2,00	3,7684	

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
3,00	9,9719	
4,00	19,8899	
<b>4,366</b>	<b>24,5442</b>	<b>debit puncak</b>
5,0	22,00896	
6,0	18,53043	untuk $T_p < t < T_p + T_{0.3}$
7,0	15,60169	
8,0	10,8308	
9,0	9,6572	$T_p + T_{0.3} < t < T_p + 2.5T_{0.3}$
10,0	8,6108	
11,0	7,6778	
12,0	6,8458	
13,0	6,1040	
14,0	5,4426	
15,0	4,8529	
16,0	4,3270	
17,0	3,8581	
18,0	3,4401	bagian lengkung turun
19,0	3,0673	untuk
20,0	2,7350	$t > T_p + 2.5T_{0.3}$
21,0	2,4386	
22,0	2,1744	
23,0	1,9388	
24,0	1,7287	
25,0	1,5414	
26,0	1,3743	

Sumber : Hasil Perhitungan 2022



**Gambar 4.** Grafik Banjir Rancangan dengan Berbagai Periode 10 Ulang  
 Sumber : Hasil Perhitungan

7. Intensitas Hujan Rata-rata

Metode perhitungan intensitas hujan rata – rata menggunakan metode Mononobe yaitu sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam )

R<sub>24</sub> = curah hujan rancangan setempat

Curah hujan rancangan 10 tahun = 123,73 mm

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (0,14657 jam )

$$I = \frac{137,917}{24} \left( \frac{24}{0,1457} \right)^{2/3} = 54,104 \text{ mm/jam}$$

8. Koefisien Aliran Permukaan (C)

Berdasarkan fungsi tata guna lahan, maka koefisien tata guna lahan disalurkan sebagai berikut :

Dengan menggunakan rumus C<sub>DAS</sub> sebagai Berikut :

$$C_{DAS} = \frac{C.A}{A} = 0,786$$

9. Kemiringan Dasar Saluran

Perbandingan selisih tinggi antara tempat terjauh (ΔH) dan tempat pengamatan terhadap panjang saluran (L), yaitu ΔH / L. Penentuan kemiringan dasar saluran diusahakan mengikuti kemiringan permukaan kontur tanah didaerah rencana. Contoh perhitungan pada saluran A1 dengan data sebagai berikut :

L = 957 m , ΔH = 3 m

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{3}{957} = 0,003$$

**C. Analisa Hidrolika**

1. Perhitungan Debit Maksimal

Debit maksimal harus ditentukan berdasarkan tinjauan sub bab sebelumnya sebgaimana telah diuraikan sebelumnya pada kajian hidrologi Dalam perencanaan drainase maka debit rencana sesuai yang dipilih pada kala ulang 10 tahun. Kemudian buang limbah domestik dari perumahan juga harus diperhitungkan.

**Tabel 3.** Perhitungan Debit Yang Dibuang

No	Jenis	Jumlah Rumah	Jumlah Warga	Jumlah yang dibuang	Debit yang dibuang
		(buah)	(jiwa/ rumah)	(liter/hari/ orang)	(m <sup>3</sup> /det)
1	Limbah Domestik	1040	4	80	0,004
2	Air Hujan				0,061
Total debit yang dibuang (m <sup>3</sup> /det) x 1,5					<b>0,097</b>

Sumber : Hasil Perhitungan 2022

2. Perencanaan Dimensi Saluran Persegi

**Tabel 4.**Perencanaan Dimensi Saluran Persegi

BLOK	NOMER SALURAN	Lebar	Tinggi	A	P	R	S	V	Fr	Q Kap Penampang	Q yang dibuang	Kapasitas saluran
		(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)		(m/det)		(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)	
D	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	4	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	5	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	6	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	7	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	8	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	9	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	10	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	11	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	12	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
E	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	4	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	5	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	6	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	7	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	8	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	9	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	10	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	11	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
F	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	4	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	5	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	6	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	7	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	8	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman

Sumber :Hasil Perhitungan 2022

3. Perencanaan Dimensi Saluran Persegi Yang Telah Diubah

**Tabel 5.** Perencanaan Dimensi Saluran Persegi yang sudah diubah

BLOK	NOMER SALURAN	Lebar	Tinggi	A	P	R	S	V	Fr	Q Kap Penampang	Q yang dibuang	Kapasitas saluran
		(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)		(m/det)		(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)	
D	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	4	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	5	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	6	0,60	0,60	0,36	1,80	0,20	0,005	1,209	0,50	0,435	0,0968	Aman
	7	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	8	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	9	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	10	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	11	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	12	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
E	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	4	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	5	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	6	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	7	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	8	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	9	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
	10	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	11	0,55	0,55	0,30	1,65	0,18	0,005	1,141	0,49	0,345	0,0968	Aman
F	1	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	2	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	3	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman

BLOK	NOMER SALURAN	Lebar	Tinggi	A	P	R	S	V	Fr	Q Kap Penampang	Q yang dibuang	Kapasitas saluran
		(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)		(m/det)		(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)	
	4	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	5	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	6	0,60	0,60	0,36	1,80	0,20	0,005	1,209	0,50	0,435	0,0968	Aman
	7	0,50	0,50	0,25	1,50	0,17	0,005	1,071	0,48	0,268	0,0968	Aman
	8	0,60	0,60	0,36	1,80	0,20	0,005	1,209	0,50	0,435	0,0968	Aman

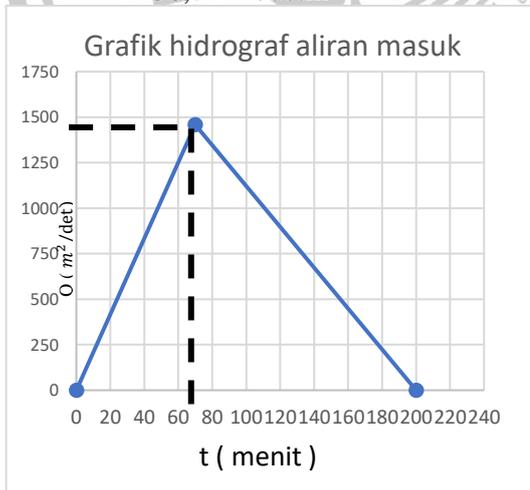
Sumber : Hasil Perhitungan 2022

#### 4. Kolam Tampungan

Direncanakan kolam tampungan tanpa pompa maka tinggi muka air maksimum kolam tampungan sama dengan tinggi muka air maksimum pada saluran, sehingga diambil kedalaman kolam tampungan 1 (H) yaitu 1,5 m dan tampungan 2 (H) yaitu 1 m. Untuk luasan kolam tampungan disesuaikan dengan kebutuhan volume tampungan.

Data yang digunakan :

1. Waktu pengaliran sepanjang saluran (td) = 60 menit
2. Waktu konsentrasi (tc) = 70 menit
3. Hujan rencana kala ulang 10 tahun (Rt) = 1438,19 mm/hari
4. Intensitas hujan (I) = 5628,85 mm/jam
5. Debit aliran masuk (Qin) = 1458,74 m<sup>3</sup>/detik



Gambar 5. Grafik hidrograf aliran masuk  
 Sumber : Hasil Perhitungan 2022

Tabel 6. Perhitungan kumulatif aliran masuk Qin dimensi tc

Kumulatif Waktu (menit)	Aliran Masuk (m <sup>3</sup> /det)	Rata-rata Aliran Masuk (m <sup>3</sup> /det)	At	Volume (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume I (m <sup>3</sup> )
0	0	0	286,27		
10	210	105	286,27	30057,9946	30057,99
20	419	314,5	286,27	90030,8505	120088,85
30	610	514,5	286,27	147284,174	267373,02
40	815	712,5	286,27	203964,963	471337,98
50	1010	912,5	286,27	261218,286	732556,27
60	1230	1120	286,27	320618,609	1053174,88
70	1458,7	1344,4	286,27	384842,5	1438017,40
80	1340	1399,35	286,27	400587,2	1838604,59
90	1230	1285	286,27	367852,601	2206457,19
100	1120	1175	286,27	336363,273	2542820,46
110	1020	1070	286,27	306305,278	2849125,74
120	880	950	286,27	271953,285	3121079,03
130	780	830	286,27	237601,291	3358680,32
140	660	720	286,27	206111,963	3564792,28
150	560	610	286,27	174622,635	3739414,92
160	450	505	286,27	144564,641	3883979,56
170	330	390	286,27	111643,98	3995623,54
180	220	275	286,27	78723,3192	4074346,86
190	110	165	286,27	47233,9915	4121580,85
200	0	55	286,27	15744,6638	4137325,51
210	0	0	286,27	0	4137325,51
220	0	0	286,27	0	4137325,51
230	0	0	286,27	0	4137325,51
240	0	0	286,27	0	4137325,51
250	0	0	286,27	0	4137325,51
260	0	0	286,27	0	4137325,51

Sumber : Hasil Perhitungan 2022

Perhitungan kapasitas inflow, kritis dengan mencoba ( trial & error ) model hidrograf kondisi kolam retensi kritis  $t_c > t$

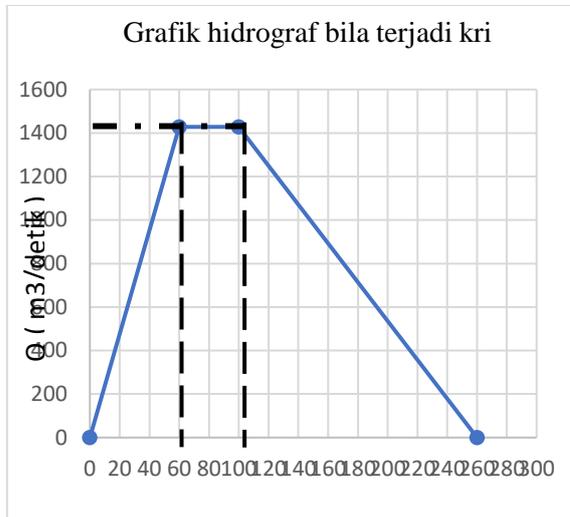
Dicoba : kala ulang 10 tahunan dengan  $t_c = 100$  menit dengan  $i = 628,85$  mm/jam

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d} = \frac{2 \times 100}{(2 \times 100) + 60} = 0,77$$

$$Q_{in} = 0,278 \times C \times C_s \times i \times A$$

$$= 0,278 \times 0,75 \times 0,77 \times 628,85 \times 14,16$$

$$= 1428,14 \text{ m}^3/\text{det}$$



**Gambar 6.** Grafik hidrograf bila terjadi kritis  
 Sumber :Hasil Perhitungan 2022

Menghitung komulatif volume aliran masuknya dari grafik hidrograf diatas, hasilnya terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 7.** Perhitungan komulatif volume aliran masuk  $Q_{in}$  durasi  $t_c$

Kumulatif Waktu (menit)	Kumulatif Volume 2 (m <sup>3</sup> )	Volume Komulatif Pompa		Volume Kolam Retensi	
		5 m <sup>3</sup> /det	10 m <sup>3</sup> /det	5 m <sup>3</sup> /det	10 m <sup>3</sup> /det
0	0	0	0	0	0
10	28626,662	1200	2400	27426,66	26226,66
20	123094,64	2400	4800	120694,64	118294,64
30	289129,28	3600	7200	285529,28	281929,28
40	523867,91	4800	9600	519067,91	514267,91
50	824447,85	6000	12000	818447,85	812447,85
60	1199271	7200	14400	1192071,04	1184871,04
70	1616848,2	8400	16800	1608448,16	1600048,16
80	2034425,3	9600	19200	2024825,27	2015225,27
90	2452002,4	10800	21600	2441202,38	2430402,38
100	2869579,5	12000	24000	2857579,49	2845579,49
110	3271598	13200	26400	3258398,01	3245198,01
120	3643744,6	14400	28800	3629344,61	3614944,61
130	3987264,6	15600	31200	3971664,55	3956064,55
140	4305020,5	16800	33600	4288220,49	4271420,49
150	4598443,8	18000	36000	4580443,77	4562443,77
160	4866103,1	19200	38400	4846903,06	4827703,06
170	5107998,4	20400	40800	5087598,35	5067198,35
180	5324129,6	21600	43200	5302529,64	5280929,64
190	5514496,9	22800	45600	5491696,94	5468896,94
200	5680531,6	24000	48000	5656531,58	5632531,58
210	5820802,2	25200	50400	5795602,22	5770402,22
220	5933877,5	26400	52800	5907477,54	5881077,54
230	6022620,2	27600	55200	5995020,19	5967420,19
240	6087030,2	28800	57600	6058230,17	6029430,17
250	6124244,8	30000	60000	6094244,83	6064244,83

260	6135695,5	31200	62400	6104495,50	6073295,50
-----	-----------	-------	-------	------------	------------

Sumber :Hasil Perhitungan 2022

Dari tabel kumulatif aliran di atas dihasilkan volume kolam retensi sebagai berikut :

1. Kapasitas pompa 5 m<sup>3</sup>/detik, maka volume kolam retensinya didapat 6104495,50 m<sup>3</sup>.
2. Kapasitas pompa 10 m<sup>3</sup>/detik, maka volume kolam retensinya didapat 6073295,50 m<sup>3</sup>.

## 5. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Menurut analisa berdasarkan pembahasan yang sudah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit banjir puncak rancangan yang menggenang di Perumahan Istana Tegal Besar didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 1438,19 m<sup>3</sup>/s dengan periode ulang 10 tahun.
2. Sesuai hasil kondisi di lapangan kapasitas tampungan drainase pada Perumahan Istana Tegal Besar Jember ada perubahan dimensi di beberapa saluran yang dikarenakan tidak dapat menampung debit air.
3. Langkah yang dapat diambil guna mengatasi titik genangan banjir pada daerah penelitian yaitu dengan cara menggunakan kolam penampungan.
4. Kolam penampungan 1 dengan waktu 260 menit menggunakan pompa penghisap berkapasitas berkapasitas 10 m<sup>3</sup>/detik maka volume kolam penampungan didapat 156275,25 m<sup>3</sup>. Kolam penampungan 2 dengan waktu 260 menit menggunakan pompa penghisap kapasitas pompa 2 m<sup>3</sup>/detik, maka volume kolam retensinya didapat 23731,68 m<sup>3</sup>

### B. Saran

Berdasarkan pada Tugas Akhir “Kajian Efisiensi Pembuatan Kolam Penampungan Untuk Penanggulangan Banjir di Perumahan Istana Tegal Besar Kabupaten Jember” ini, penulis ingin memberi beberapa saran yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Saran yang bisa penulis paparkan yaitu :

1. Adanya perubahan dimensi dan pembuatan kolam penampungan guna mengatasi luapan

air yang terjadi pada perhitungan yang terdapat dalam kasus ini.

2. Tidak kalah pentingnya pemeliharaan rutin setiap saluran untuk 10 tahu kedepan agar saluran dapat berfungsi sebagai mestinya

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- C. D. Soemarto, 1999. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sosrodarsono dan Takeda, 1987, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, ANDI Offset Yogyakarta.
- Djojowiriono, Sugeng. 1984. *Manajemen Konstruksi*, Yogyakarta: KMTS Fakultas Teknik UGM.
- Google Maps (21.34/19-12-21)
- Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi Dan Polder Dengan Saluran-Saluran Utama*, Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Rezkinia Dhaka, 2016, *Analisis Penanganan Banjir dengan Kolam Retensi (Retarding basin) Di Desa Blang Beurandang Kabupaten Aceh Barah*, (Tugas Akhir) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Prayoga M.D, 2013, *Perencanaan Kolam Retensi dan Stasiun Pompa pada Sistem Drainase Kali Semarang*, (Jurnal), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas>