

## PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN-PROBOLINGGO SEKSI 4A STA 36+600 – STA 39+800

Shofwan Satria Firdaus<sup>1</sup>, Ikrar Hanggara<sup>2</sup>, Chairul Muharis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang,

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>[shofwansatria@gmail.com](mailto:shofwansatria@gmail.com), <sup>2</sup>[i.hanggara@polinema.ac.id](mailto:i.hanggara@polinema.ac.id), <sup>3</sup>[ch\\_muharis@yahoo.com](mailto:ch_muharis@yahoo.com)

### ABSTRAK

Pembangunan jalan tol Pasuruan - Probolinggo 4A sepanjang 3,200 km membutuhkan sistem drainase untuk menampung air limpasan permukaan dan menghindarkan daerah sekitarnya dari banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit limpasan permukaan, menentukan dimensi sistem drainase, dan mengestimasi biayanya. Perencanaan ini menggunakan data curah hujan tahun 2013-2022 dari 3 stasiun hujan terdekat yaitu Gending, Banyuwangi, dan Sumberbuluh. Data curah hujan diolah dengan metode rasional untuk mendapatkan debit hujan, rumus Manning digunakan untuk mendapatkan dimensi saluran, rumus Bina Marga digunakan untuk mendapatkan analisa harga satuan. Data yang dibutuhkan adalah data potongan memanjang dan melintang jalan tol, serta harga satuan pekerjaan (HSP) Kabupaten Probolinggo tahun 2022. Perencanaan ini menghasilkan intensitas curah hujan sebesar 10,065 mm/jam; untuk debit terbesar pada saluran kiri adalah  $Q = 0,1441$  m/detik, dan  $Q = 0,0397$  m/detik untuk debit terbesar pada saluran kanan. Dimensi drainase tipe 1 adalah seperenam lingkaran dengan jari-jari 0,82 meter dan lebar 3 meter, dimensi drainase tipe 2 adalah Persegi dengan lebar 1 meter dan panjang 1 meter, dan dimensi drainase tipe 3 adalah Trapesium dengan lebar bawah 0,5 meter, lebar atas 3 meter dan tinggi 0,5 meter, dengan biaya sebesar Rp 2,549,700,324,01.

**Kata kunci** : sistem drainase; jalan tol; rumus manning; perhitungan biaya

### ABSTRACT

*The construction of 3.200km Pasuruan - Probolinggo 4A toll road requires drainage system to accommodate the surface run-off water and prevent surrounding areas from floods. The purpose of this study is to find out the surface run-off discharge to determine the dimension of drainage system, and to estimate the cost. This design is using the rainfall data of 2013-2022 from the 3 nearest rain stations of Gending, Banyuwangi, and Sumberbuluh. The rainfall data are processed through rational method to obtain the rainfall discharge, Manning formula was applied to obtain the dimensions of the channel, Bina Marga formula was to obtain unit price analysis. The required data were long section and cross section of the toll road, and unit labor cost (ULC) of Probolinggo Regency 2022. The result is 10.065 mm/hour for rainfall intensity;  $Q = 0.1441$  m/second for the greatest discharge of left channel, and  $Q = 0.0397$  m/second for the greatest discharge of right channel; Type 1 drainage dimensions are one-sixth of a circle with a radius of 0.82 meters and a width of 3 meters, type 2 drainage dimensions are square with a width of 1 meter and a length of 1 meter, and type 3 drainage dimensions are Trapezoid with a bottom width of 0.5 meters, a top width of 3 meters and a height of 0.5 meters, with cost of Rp 2,549,700,324,01.*

**Keywords**: drainage system; Toll Road; manning formula; cost estimate

## 1. PENDAHULUAN

Jalur tol Paspro mempunyai panjang 43,75kilometer dan di bagi menjadi 4 seksi. Pada saat ini pembangunan tol Paspro sudah memasuki seksi 4 yang memiliki Panjang 12,45kilometer untuk *mainroad*-nya dan 4,07kilometer untuk *Interchange*-nya.

Dalam penulisan ini yang ditinjau adalah Perencanaan Ulang Sistem Drainase pada STA 36+600 - STA 39+800. Perencanaan sistem drainase jalan akan berkaitan erat dengan tampak rencana jalan, alignment *vertical-horizontal* jalan, dan elevasi permukaan jalan.

Tujuannya adalah untuk mengalirkan limpasan air yang terjadi di permukaan jalan secara grafitasi dan dibuang melalui saluran drainase yang telah ada (*eksisting*) atau yang belum ada (*non-eksisting*) menuju saluran pembuang akhir (*outlet*). Sehingga meminimalkan akan terjadinya perbaikan ataupun perencanaan tambahan lainnya selama pelaksanaan proyek ini berlangsung.

## 2. METODE

Drainase dibuat sebagai sistem penanganan terhadap masalah air yang berlebihan baik itu air yang berada di atas permukaan tanah ataupun di bawah permukaan tanah. Sumber kelebihan air ini diperoleh dari tangkapan air hujan (*excess rainfall*) maupun diperoleh dari air buangan limbah dari pemukiman (Saidah *et al.*, 2021).

### Uji Konsistensi

Sebagai kontrol kebenaran suatu data curah hujan perlu dilakukan uji konsistensi. Pengujian ini menggunakan metode kurva massa ganda dengan mengikuti cara sebagai berikut :

1. memilih 1 stasiun hujan utama yang akan digunakan untuk dasar stasiun pengamatan.
2. Memilih stasiun hujan pembanding selain stasiun utama.
3. Pada stasiun hujan utama dicari kumulatif data curah hujannya (dy).
4. Pada stasiun-stasiun hujan pembanding dicari rata-rata dan kumulatifnya (dx).
5. Dengan data pada langkah ke-3 dan ke-4 didapatkan grafik lengkung massa ganda.
6. Menentukan trend baru dan trend lama. Trend baru (m1) merupakan data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan trend lama (m2) yaitu data yang diasumsikan tidak dalam garis lurus. Untuk menghitung nilai gradient dari trend baru dan trend lama dengan menggunakan **Persamaan 1:**

$$m = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \cdot \sum x_i - (\sum x_i)^2} \quad (1)$$

7. Mencari faktor koreksi dengan **Persamaan 2:**

$$F = \frac{m_1}{m_2} \quad (2)$$

Pengoreksian data dilakukan dengan asumsi data yang diperoleh tidak dalam keadaan sejajar antara 1 dengan yang lainnya kemudian dibuatlah grafik datanya. Pada setiap stasiun-stasiun yang lain juga dilakukan pengujian ini.

### Curah Hujan Daerah Cara Polygon Thiessen

Tata cara ini memperhitungkan bobot dari tiap- tiap stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS diduga jika hujan merupakan sama dengan yang berlangsung pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Tata cara ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di wilayah yang ditinjau tidak menyeluruh. **Persamaan 3**

$$d = \frac{1}{A} (A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n) \quad (3)$$

Dimana:

- d : Curah hujan daerah maksimum setahun (mm)
- dn : Data curah hujan harian maksimum setahun di tiap stasiun hujan (mm)
- A : Luas daerah yang dicari tinggi hujannya (ha)
- An : Luas daerah pengaruh tiap stasiun hujan (ha)

### Analisa Curah Hujan Rencana

Curah Hujan Rancangan adalah jumlah peristiwa dari suatu varian, dengan analisis frekuensi hendak diperkirakan interval peristiwa tertentu, semacam 10 tahunan, 100 tahunan ataupun 1000 tahunan. Tujuan analisis frekuensi merupakan mencari ikatan antara besarnya peristiwa ekstrim terhadap frekuensi peristiwa dengan memakai distribusi probabilitas. Dalam SNI 03-3424-1994 disarankan perhitungan untuk menentukan probabilitas curah hujan menggunakan frekuensi Distribusi Gumbel dibandingkan dengan perhitungan Distribusi Log Pearson III. Dengan persamaan perhitungan sebagai berikut:

- a. Hitung peluang dan kala ulang masing-masing data dengan **Persamaan 4.**

$$P = \frac{1}{TR} \quad (4)$$

- b. Hitung nilai standar deviasi data curah hujan tersebut dengan **Persamaan 5.**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (5)$$

- c. Hitung persamaan curah hujan rancangan menggunakan **Persamaan 6.**

$$X_{rencana} = \bar{X} + (Yt - Yn) \cdot \frac{S}{Sn} \quad (6)$$

Dimana;

- $X_{rencana}$  : Curah hujan rancangan (*designed rainfall*)
- $\bar{X}$  : Rata-rata curah hujan
- n : Nomor data
- Yn : Faktor distribusi (tabel)
- Sn : Faktor distribusi (tabel)
- Yt : *Reduce variate*
- TR : Kala ulang/ *time return* (tahun)
- S : Standar deviasi

d. Hitung Yt berdasarkan kala ulang (TR) dengan **Persamaan 7.**

$$Yt = -\ln\left(-\ln\frac{TR-1}{TR}\right) \quad (7)$$

e. Hitung nilai koefisien kepengcengan dengan **Persamaan 8.**

$$Cs = \frac{n \cdot \sum(X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot s^3} \quad (8)$$

f. Hitung nilai koefisien kepuncakan dengan **Persamaan 9.**

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum(X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-2) \cdot s^4} \quad (9)$$

g. Penentuan suatu distribusi ditentukan dengan syarat pada **Tabel 1.**

**Tabel 1.** Syarat Penentuan Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs = 0 Ck = 3
Gumbel Tipe 1	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0
Log Normal	Cs = 3Cv + Cv <sup>2</sup> = 3 Ck = 5,383

Sumber : Kamiana, (2011)

**Analisa Intensitas Hujan**

Intensitas hujan adalah dimana tinggi air curah hujan yang terkonsentrasi dan terdapat di suatu kurun waktu tertentu (Departemen Pekerjaan Umum, Pd-T-02-2006-B). Perumusan untuk menentukan intensitas curah hujan adalah menggunakan metode *Mononobe* **Persamaan 10.**

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (10)$$

Dimana;

- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R24 : Curah hujan rancangan dengan peluang tertentu (mm/hari)
- t : Durasi hujan (jam)

**Waktu Konsentrasi**

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi seperti berikut ini:

1. Luas daerah pengaliran
2. Panjang saluran drainase
3. Kemiringan dasar saluran
4. Debit dan kecepatan aliran

Namun waktu konsentrasi dalam perencanaan drainase jalan raya di Indonesia antara sekitar 4-6 jam.

**Analisa Debit Banjir**

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai merupakan metode Rasional USSCS dengan **Persamaan 11.**

$$Q = 0,002778.C.I.A \quad (11)$$

Dimana;

- Q : Debit banjir (m3/dt)
- C : Koefisien pengaliran
- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A : Luas daerah pengaliran (m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, ha)

**Analisa Hidrolika**

Kemampuan saluran dalam mengalirkan debit rencana pada saluran median, saluran samping dan saluran gorong-gorong berdasarkan analisis hidrologi ialah analisis hidrolika (Rahmawati, Maulani, Pranoto Samto Atmojo, et al., 2018). Kapasitas saluran diperhitungkan berdasarkan besar debit yang direncanakan akan ditampung saluran drainase secara kumulatif ke hilir. Perhitungan di sesuaikan dengan tipe penampang saluran yang ada dilapangan. Kapasitas saluran dihitung menggunakan **Persamaan 12, Persamaan 13.**

$$Q = A.V \quad (12)$$

Dimana;

- Q : debit (m3/s)
- A : area basah (m<sup>2</sup>)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (13)$$

Dimana;

- V : kecepatan aliran (m/s)
- n : koefisien kekasaran manning
- R : radius hidrolik = A/P (m)
- S : *slope* / kemiringan
- A = b × h
- P = b + 2h

Untuk tinggi jagaan menggunakan peraturan dari PUPR pada **Tabel 2.**

**Tabel 2.** Tinggi Jagaan Minimum Saluran

Q (m <sup>3</sup> /dt)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,40
0,5 – 1,5	0,50

1,5 - 5,0	0,60
5,0 – 10,0	0,75
10,0 – 15,0	0,85
> 15,0	1,00

Sumber : (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2016)

**Pengolahan Data**

Setelah semua data diperoleh selanjutnya data diolah seperti berikut ini.

1. Analisa Hidrologi

- 1) Nilai hujan rata-rata diperoleh dari data-data curah hujan harian selama 10 tahun dengan menggunakan Metode *Polygon Thiessen*.
- 2) Besar peluang (frekuensi) diperkirakan karena dalam rentang waktu 10 tahun terdapat waktu yang tidak terjadi hujan oleh karena itu digunakan metode Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson, yang kemudian dianalisa dengan uji simpangan antara lain dengan menggunakan uji *chi-square* dan uji *Smirnov-kolmogorov*. Maka, akan diperoleh tinggi curah hujan harian yang terjadi.
- 3) Membuat rencana skema drainase dan luas daerah limpasan menggunakan data-data *site plan* jalan, potongan memanjang dan melintang jalan. Kemudian dapat dihitung debit hujan rancangan dengan **Persamaan 1**.

2. Analisa Hidrolika

- 1) Rencana kedalaman saluran mengikuti dari data potongan memanjang saluran eksisting dan dari data tersebut dapat diketahui elevasi dari titik hulu dan hilir saluran rencana.
- 2) Kemiringan saluran (s) dapat diperoleh dari perhitungan beda tinggi antara elevasi dari saluran hulu dan elevasi saluran hilir ( $\Delta H$ ) yang kemudian dibagi dengan panjang saluran rencana (Ls). Kemiringan saluran ini akan dipakai pada **Persamaan 2**.
- 3) Luas basah (A) dan keliling basah (P) penampang saluran dicari dengan metode *trial error* (coba-coba).

3. Rencana Anggaran Biaya

- 1) Menghitung volume setiap item pekerjaan.
- 2) Melakukan perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan.
- 3) Koefisien item pekerjaan dihitung berdasarkan metode bina marga.
- 4) Melakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Perhitungan RAB dibutuhkan data analisa harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan.

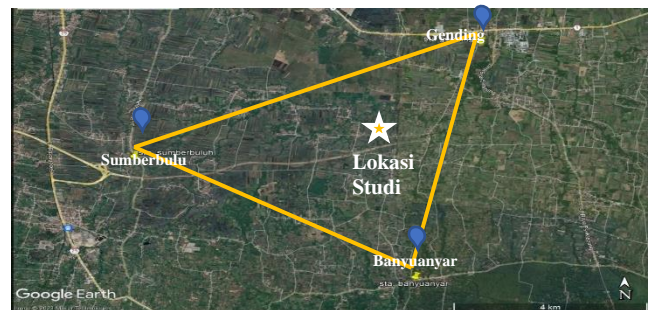
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Data Curah Hujan**

Pada studi ini menggunakan data curah hujan yang akan diolah menjadi debit sehingga dapat menjadi dasar dalam perhitungan perencanaan. Data curah hujan tersebut menggunakan data curah hujan tahun 2013 hingga tahun 2022 (10 tahun terakhir). Stasiun yang digunakan yakni pada **Gambar 1** stasiun hujan Gending ( $7^{\circ} 47' 32''$  LS,  $113^{\circ} 18' 12''$  BT), stasiun hujan Sumberbulu ( $7^{\circ} 49' 41''$  LS,  $113^{\circ} 14' 30''$  BT) dan stasiun hujan Banyuanyar ( $7^{\circ} 51' 16''$  LS,  $113^{\circ} 21' 02''$  BT) karena dianggap dapat mewakili lokasi studi yang berada pada daerah Kabupaten Probolinggo.

**Uji Konsistensi Data Curah Hujan**

Uji Konsistensi dilakukan karena terkadang data yang diperoleh dilapangan kurang tepat dikarenakan oleh banyak



**Gambar 1.** Peta Situasi dan Lokasi Pos Penakar Hujan

faktor seperti posisi alat ukur yang dipindah atau spesifikasi alat penakar yang menurun dan lain-lain, sehingga jika ada ketidakakuratan data akan dikoreksi pada pengujian ini.

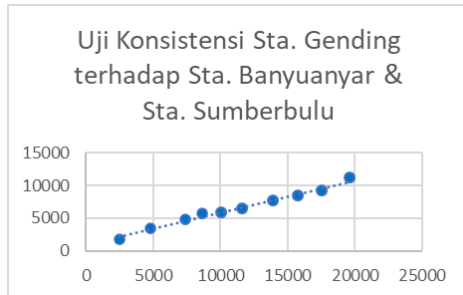
**Tabel 3** adalah hasil uji konsistensi data curah hujan dan hasil koreksi data Sta. Gending terhadap Sta. Banyuanyar dan Sta. Sumberbulu. **Tabel 4** adalah hasil uji konsistensi data curah hujan dan hasil koreksi data Sta. Banyuanyar terhadap Sta. Gending dan Sta. Sumberbulu. **Tabel 5** adalah hasil uji konsistensi data curah hujan dan hasil koreksi data Sta. Sumberbulu terhadap Sta. Gending dan Sta. Banyuanyar.

**Tabel 3.** Uji Konsistensi dan hasil Koreksi Sta. Gending terhadap Sta. Banyuanyar & Sta. Sumberbulu

Tahun	Stasiun Gending	Stasiun Banyuanyar	Stasiun Sumberbulu
2022	1746	3059	1860
2021	1705	3055	1621
2020	1386	3056	2172
2019	853	1616	771
2018	199	1748	1206
2017	584	1601	1499
2016	1201	2713	1956
2015	801	2081	1532

2014	716	2005	1594
2013	1913	1976	2166

Pada **Tabel 3** diperoleh jumlah rata-rata kumulatif untuk Sta. Banyuanyar dan Sta. Sumberbulu dan juga jumlah kumulatif Sta. gending yang selanjutnya pada **Gambar 2** akan dibuat grafik kurva massa ganda.

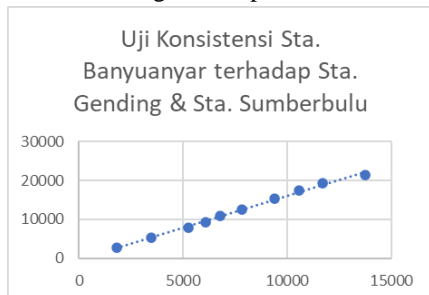


**Gambar 2.** Grafik Kurva Massa Ganda Sta. Gending terhadap Sta. Banyuanyar & Sta. Sumberbulu

**Tabel 4.** Uji Konsistensi dan hasil Koreksi Sta. Banyuanyar terhadap Sta. Gending & Sta. Sumberbulu

Tahun	Stasiun Gending	Koreksi Stasiun Banyuanyar	Stasiun Sumber bulu
2022	1746	2622.404	1860
2021	1705	2618.975	1621
2020	1386	2619.832	2172
2019	853	1385.356	771
2018	199	1748.000	1206
2017	584	1601.000	1499
2016	1201	2713.000	1956
2015	801	2081.000	1532
2014	716	2005.000	1594
2013	1913	1976.000	2166

Pada **Tabel 4** diperoleh hasil koreksi dari sta. banyuanyar yang kemudian akan di gunakan pada kurva massa ganda

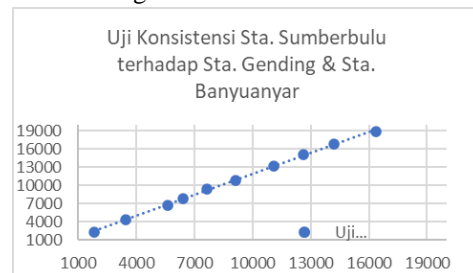


**Gambar 3.** Grafik kurva massa ganda sta. banyuanyar terhadap sta gending & sta. sumberbulu setelah dikoreksi

**Tabel 5.** Uji Konsistensi Sta. Sumberbulu terhadap Sta. Gending & Sta. Banyuanyar

No	Tahun	Stasiun Gending	Stasiun Banyuanyar	Stasiun Sumber bulu
1	2022	1746	2622	1860
2	2021	1705	2619	1621
3	2020	1386	2620	2172
4	2019	853	1385	771
5	2018	199	1748	1206
6	2017	584	1601	1499
7	2016	1201	2713	1956
8	2015	801	2081	1532
9	2014	716	2005	1594
10	2013	1913	1976	2166

Pada **Tabel 5** diperoleh jumlah rata-rata kumulatif untuk Sta. Banyuanyar dan Sta. Sumberbulu dan juga jumlah kumulatif Sta. gending yang selanjutnya pada **Gambar 4** akan dibuat grafik kurva massa ganda.



**Gambar 4.** Grafik Kurva Massa Ganda Sta. Sumberbulu terhadap Sta. Gending & Sta. Banyuanyar

**Curah Hujan Rata-Rata Daerah**

Curah hujan rencana dapat ditentukan melalui salah satu dari beberapa metode yang ada seperti Metode Gumbel, Metode Normal, dan Metode Log Person Type III. Pada perhitungannya digunakan kala ulang 10 tahun atau dengan asumsi bahwa setiap tahunnya ada kemungkinan 1/10 kali (10%) terjadi hujan yang besarnya sama atau lebih dari yang direncanakan.

Perhitungan curah hujan rencana mengacu pada hasil Cs dan Ck. Nilai hasil perhitungan adalah Cs = 0,793 dan Ck = 3,5087. Berdasarkan **Tabel 1** karena nilai Cs dan Ck-nya memenuhi untuk metode Gumbel dan Log Person Type III dan metode yang dipakai adalah metode yang memiliki hujan rancangan paling besar.

**Uji Distribusi Metode Gumbel Tipe I**

Perhitungan menggunakan Metode Gumbel dilakukan dengan cara menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun (X10). Dari perhitungan didapat Xrata-rata =



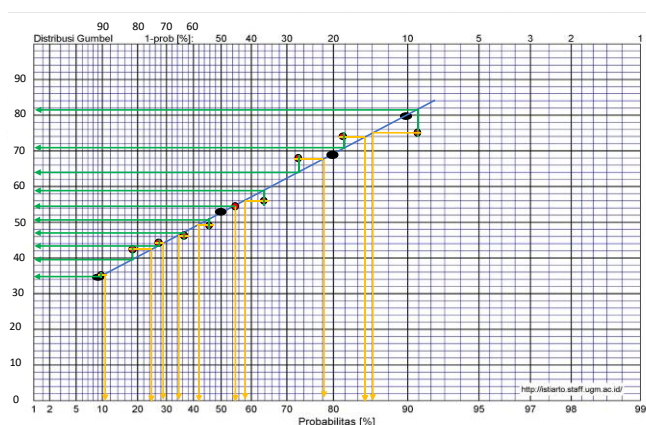
50,120 dan  $Y_t = 2,2504$ . Maka curah hujan rencana dengan periode kala ulang 10 tahun yaitu sebesar 73,158 mm/hari

**Uji Kesesuaian Distribusi**

Secara analisis, pengujian kesesuaian distribusi horizontal metode *Smirnov Kolmogorov* untuk simpangan horizontal dan metode *Chi-square* untuk simpangan vertikal. Untuk penggambaran lebih jelasnya akan diplotkan pada **Gambar 6** dan **Tabel 7**. Berdasarkan perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* didapat  $D_{max} = 0,6373$ ,  $D_0 = 0,41$  sehingga  $D_{max} < D_0$  distribusi probabilitas *Gumbel* dapat diterima dan pada perhitungan uji *Chi Square* didapat  $X^2 = 3,540$ ,  $X_{cr} = 14,067$  sehingga  $X^2 < X_{cr}$  sehingga distribusi probabilitas *Gumbel* dapat diterima.

**Tabel 6.** Tabel distribusi gumbel I

Uji Smirnov-Kolmogorov		Uji Chi Square	
P ( Teo )	P(emp)- P(teo)	Hujan (Teo)	$x^2$
11.000%	1.909%	81.900	0.962
24.400%	6.218%	71.000	0.286
28.500%	1.227%	64.100	0.434
34.100%	2.264%	59.000	0.662
42.000%	3.455%	54.582	1.093
54.400%	0.145%	50.500	0.305
58.000%	5.636%	47.000	0.661
78.100%	5.373%	43.400	0.283
85.000%	3.182%	39.700	0.001
86.000%	4.909%	34.800	0.013
Delta Pmax	6.218%	$X^2$ kalkulasi	4.701
Delta P			
Tabel	41%	$x^2$ tabel	14.067
kesimpulan	<b>Memenuhi</b>	kesimpulan	<b>Memenuhi</b>



**Gambar 5.** Kertas peluang distribusi Gumbel I

**Uji Distribusi Metode Log Pearson tipe III**

Perhitungan menggunakan Metode Log Pearson dilakukan dengan cara menghitung curah hujan rencana dengan periode

ulang 10 tahun ( $X_{10}$ ). Dari perhitungan didapat  $X_{rata-rata} = 1,689$  dan Koef.  $G = 1,335$ . Maka curah hujan rencana dengan periode kala ulang 10 tahun yaitu sebesar 67,141 mm/hari.

Karena nilai dari hujan rancangan pada metode *Log Pearson* lebih kecil, maka yang dipakai adalah hasil dari metode *Gumbel*.

**Perhitungan Waktu Konsentrasi**

Waktu Konsentrasi ( $t_c$ ) digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi durasi hujan, pada umumnya hujan di Indonesia terjadi pada rentang 4-6 jam. Dan pada studi ini digunakan waktu 4 jam.

**Intensitas Curah Hujan**

Setelah menentukan waktu konsentrasi, langkah selanjutnya adalah menghitung intensitas curah hujan sesuai dengan **Persamaan 10** dan didapatkan curah hujan rencana dengan kala ulang 10 tahun adalah 73,158 mm/hari dan didapat intensitas sebesar 10,065 (mm/jam).

**Perhitungan Debit Rancangan**

Langkah terakhir adalah perhitungan debit saluran total yang menggunakan **Persamaan 11**, pada saluran Sta 36+652 – 36+600 didapat sebesar 0,0029 m<sup>3</sup> /dt.

**Perhitungan Kapasitas dan Pendimensian Saluran Eksisting**

Perhitungan dimensi saluran ini untuk menentukan apakah saluran yang ada perlu di rencanakan atau tidak dan pada saluran sta 37+520 – 37+600 diperoleh dimensi saluran seperenam lingkaran dengan sudut 68/360 ukuran lebar 1 meter dan jari-jari 0,82 meter dan segitiga siku-siku lebar 1 meter dengan tinggi 0,67 meter dan dihitung menggunakan **persamaan 12**, didapatkan Luas (A) = 1,4038 m<sup>2</sup>, kecepatan aliran (V) = 2,39422 m/dt dan  $Q_{hitung} = 3,36103$  m<sup>3</sup>/dt.

Setelah didapatkan  $Q_{hit}$ -nya selanjutnya dilakukan kontrol untuk debit saluran, kontrol untuk kecepatan aliran dan kontrol untuk jenis aliran

Karena debit hitung lebih besar dari pada debit rancangan  $3,36103 > 0,02614$ , maka dimensi yang direncanakan Ok.

Kontrol kecepatan aliran (V) adalah sebagai berikut: Berdasarkan **Persamaan 13** didapat nilai  $V_{renc} = 2,39422$  m/s. Karena  $V_{rencana} > V_{min}$ ,  $V_{rencana} < V_{max}$ ,  $0,6$  m/dt  $< 2,39422$  m/dt  $< 2$  m/dt maka Not Ok.

Karena  $Fr$  yang diperoleh lebih kecil dari 1,  $0,844 < 1$  maka Ok.

Dan didapatkan dari 90 saluran eksisting dan diantaranya terdapat 52 saluran yang perlu di *Re-design* dan 38 saluran yang sudah memenuhi atau sekitar 57,7% perlu di *Re-Design*.

**Perhitungan Kapasitas dan pendimensionan Saluran dan Box Culvert**

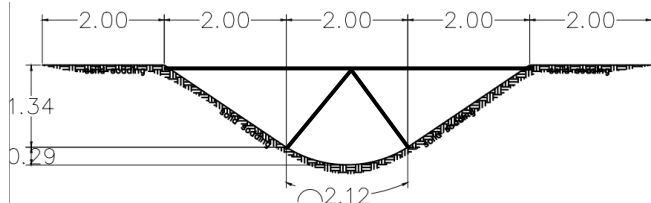
Penentuan dimensi dilakukan secara *trial and error* dan Pada evaluasi saluran sebelumnya pada stasiun 37+520 – stasiun 37+600 didapatkan kontrol yang “Not OK” terdapat pada kontrol kecepatan alirannya sehingga diperlukan penambahan timbunan pada elevasi akhir saluran. pada saluran sta 37+520 – 37+600 menggunakan dimensi saluran seperenam lingkaran dengan sudut 68/360 ukuran lebar 1 meter dan jari-jari 0,82 meter dan segitiga siku-siku lebar 1 meter dengan tinggi 0,67 meter dan dihitung menggunakan **persamaan 12**, didapatkan Luas (A) = 1,40381 m<sup>2</sup>, kecepatan aliran (V) = 1,9182 m/dt dan Qhitung = 2,69278 m<sup>3</sup>/dt.

Setelah didapatkan Qhit-nya selanjutnya dilakukan kontrol untuk debit saluran, kontrol untuk kecepatan aliran dan kontrol untuk jenis aliran

Karena debit hitung lebih besar dari pada debit rancangan 3,36103 > 0,02614, maka dimensi yang direncanakan Ok.

Kontrol kecepatan aliran (V) adalah sebagai berikut: Berdasarkan **Persamaan 12** didapat nilai Vrenc=1,9182 m/s. Karena Vrencana > Vmin, Vrencana < Vmax, 0,6 m/dt < 1,9182 m/dt < 2 m/dt maka Ok.

Karena Fr yang diperoleh lebih kecil dari 1, 0,74821 < 1 maka Ok.



**Gambar 6.** Desain Saluran Rencana

**Tabel 5.** Tabel Contoh Hasil Perhitungan Pendimensionan Saluran Baru (1)

No	Saluran		Q renc m <sup>3</sup> /s	b (m)	h (m)	r (m)
	awal	akhir				
37	39+300	39+200	0.006	1.00	0.67	0.82
38	39+200	39+100	0.008	1.00	1.00	
39	39+100	39+000	0.009	1.00	1.00	
40	39+000	38+900	0.021	1.00	1.00	
41	38+900	38+885	0.018	1.00	1.00	

**Tabel 6.** Tabel Contoh Hasil Perhitungan Pendimensionan Saluran Baru (2)

V	Q Hit	Fr	Kontrol		
	m <sup>3</sup> /dt		Q	V	Fr
1.89093	2.65450	0.73757	Ok	Ok	Ok
1.99211	1.99211	0.63603	Ok	Ok	Ok
1.95998	1.95998	0.62577	Ok	Ok	Ok

1.98092	1.98092	0.63246	Ok	Ok	Ok
1.64595	1.64595	0.52551	Ok	Ok	Ok

**Kontrol Tinggi Muka Air Banjir**

Syarat kontrol tinggi muka air jika elev. Muka air – elev. Tanah asli < 0. jika kontrol muka air telah terpenuhi, maka tinggi aktual pada trial error sebelumnya telah benar. Dengan menambahkan elevasi dasar saluran dan tinggi aktual akan diperoleh profil muka air aktual. Oleh karena itu elevasi muka air aktual setelah ditambahkan tinggi jagaan tidak boleh melebihi elevasi permukaan lahan atau jalan.

Dari perhitungan dimensi sta 37+520 – 37+600 didapat :

Elevasi Tanggul Awal (m) = 18,330

Elevasi Tanggul Akhir (m) = 17,879

Elevasi Muka Air Awal (m) = 17,800

Elevasi Muka Air Akhir (m) = 17,349

Elevasi Akhir Dasar Saluran (m) = 17,130

Elevasi Awal Dasar Saluran (m) = 16,679

**Perhitungan Rencana Anggaran Biaya**

Berikut ini adalah rencana anggaran biaya pada perencanaan ulang sistem drainase proyek pembangunan jalan tol pasuruan-probolinggo seksi 4a sta 36+600 – sta 39+800 yang harga dasar upah, alat dan bahan dihitung berdasarkan AHSP Dinas PUPR SDA dengan harga dasar Kabupaten Probolinggo.

**Tabel 7.** Tabel Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Item Pekerjaan (Rp)
<b>1</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>	
a	Pembersihan Lahan	38,665,915.20
b	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	18,455,414.80
c	Pembongkaran pasangan batu	137,310,700.80
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>	
a	Galian Tanah Biasa Sedalam 1 meter	561,875,104.31
b	Galian Tanah Biasa Sedalam 2-3 meter	23,048,187.95
c	Urugan Pasir Sirtu	23,284,220.82
<b>3</b>	<b>PEKERJAAN PASANGAN</b>	
a	Pasangan Batu Kali	1,020,570,432.00
b	Plesteran Campuran 1PC : 5PS, tebal 15mm	4,592,563.32
c	pasangan batu bata kedap air	2,668,547.74
<b>3</b>	<b>PEKERJAAN STRUKTUR</b>	
a	Pemasangan Box Culvert	608,348,985.20

b	Penulangan Wing wall	80,587,030.58
c	Pekerjaan Bekisting Wing Wall	785,894.72
d	Pekerjaan Beton Wing Wall	78,983,114.78
<b>Total</b>		<b>Rp 2,549,700,324.01</b>

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang sistem drainase pada proyek pembangunan jalan tol pasuruan-probolinggo seksi 4a sta 36+600 – sta 39+800, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit rancangan yang dihasilkan dengan menggunakan kala ulang 10 tahun beragam antara 0,14623 m<sup>3</sup> /detik hingga 0,0011208 m<sup>3</sup> /detik.
2. Perencanaan dimensi saluran ada 3 variasi yaitu :
  - Tipe 1 : seperenam lingkaran dengan jari-jari 0,82 meter dan lebar 3 meter
  - Tipe 2 : Persegi dengan lebar 1 meter dan panjang 1 meter
  - Tipe 3 : Trapesium dengan lebar bawah 0,5 meter dan tinggi 0,5 meter
 Dan untuk dimensi box culvert ada 1 variasi yaitu :
  - Tipe 1 : persegi dengan lebar 1 meter dan tinggi 1,5 meter
3. Biaya yang diperlukan untuk merencanakan ulang saluran drainase dan box culvert sebesar Rp 2,549,700,324.01

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum (2006) *Perencanaan Sistem Drainase Jalan*.
- [2] Dewan Standarisasi Nasional (1994) *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*. Indonesia.
- [3] Kamiana, I.M. (2011) *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. 1st edn. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi (2016) 'Perhitungan Saluran Dan Drainase', in *Diklat Teknis Perencanaan Irigasi*.
- [5] Rahmawati *et al.* (2018) 'PERENCANAAN SISTEM DRAINASE JALAN TOL BALIKPAPAN-SAMARINDA SEKSI 4', *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7(01), pp. 50–61.
- [6] Saidah, H. *et al.* (2021) *Drainase Perkotaan*. 1st edn. Edited by R. Watrianthos. Yayasan Kita Menulis.