

PERENCANAAN SALURAN DRAINASE JALAN TOL SERPONG BALARAJA SEKSI 1B STA. 5+150 – STA. 8+150

Djadhug Musi' Arasty¹, Moh. Charits², Winda Harsanti³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: djadhugmusiarasty@gmail.com¹, moh.charits@polinema.ac.id², wharsanti@gmail.com³

ABSTRAK

Pembangunan jalan tol Serpong - Balaraja seksi 1B membutuhkan saluran drainase untuk mencegah banjir di lahan pertanian dan pemukiman sehingga pengguna jalan tol dan aktivitas penduduk tidak terganggu. Tujuan dari pembahasan ini adalah untuk mencari hujan rancangan kala ulang 5 tahun; untuk menghitung debit banjir rencana; untuk menentukan dimensi saluran drainase, dan rencana anggaran biaya. Perencanaan ini menggunakan data curah hujan tahun 2013-2022 dari 3 stasiun terdekat yaitu stasiun Meteorologi Budiarto, stasiun Geofisika Tangerang, dan stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta. Data Topografi yang dibutuhkan adalah data potongan memanjang, potongan melintang jalan tol, dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Tangerang tahun 2022. Pengolahan data menggunakan metode Log Pearson tipe III, Šmirnov Kolmogorov dan Chi Square. Perencanaan ini menghasilkan hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun sebesar 92,46 mm; debit rencana sebesar 3,398 m³/det; ukuran dimensi saluran terbesar adalah lebar= 1 m, tinggi= 1,09 m dan saluran terkecil adalah lebar= 0,3 m, tinggi= 0,33 m ; anggaran Rp.11.561.300.000.

Kata kunci: perencanaan, banjir, Log Pearson Tipe III

ABSTRACT

Drainage channels to prevent flooding in agricultural and residential areas, and to provide comfort for users is needed in 3km Serpong – Balaraja toll road. The objectives of this thesis were to determine the 5-year return period designed rainfall, the designed flood discharge, the dimensions of the drainage channels, and to estimate the cost. The required data were of rainfall 2013 - 2022 from three nearby stations: Budiarto Meteorology Station, Tangerang Geophysics Station, and Soekarno-Hatta Meteorology Station Tangerang; topographic of longitudinal and cross-sectional profiles of the toll road; and work unit price of Tangerang District 2022. Log Pearson Type III, Šmirnov Kolmogorov, and Chi-Square methods were employed to process the data. 3The design results in 92.46mm of 5-year return period designed rainfall; 3.398m³/s designed flood discharge; b=1m and H=1.09m the largest dimension, and b=0.3m and H=0.33m the smallest dimension of the drainage channel; at Rp.11,561,300,000 estimated cost.

Keywords : design, flood, Log Pearson Type III

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan saluran drainase merupakan komponen penting dalam suatu konstruksi jalan tol. Jalan tol memiliki permukaan yang besar dan keras, sehingga air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah seperti yang terjadi di lahan

yang lebih luas dan berpori. Akibatnya, aliran air hujan di jalan tol akan lebih tinggi, dan tanpa sistem drainase yang tepat, genangan air dapat menyebabkan masalah keselamatan dan merusak permukaan jalan.

Pembangunan Jalan Tol Serpong Balaraja yang berlokasi di Desa Situgadung, Kec Pagedangan Tangerang, Provinsi

Banten. Jalan Tol ini diharapkan bisa meningkatkan kapasitas dan kemampuan jalan untuk melayani lalu lintas kendaraan. Berlokasi di daerah dataran rendah dan banyaknya permasalahan banjir maka perencanaan saluran drainase dengan baik sangat diutamakan dalam perencanaannya. Dalam konstruksi pekerjaan jalan tol ini melewati daerah pertanian dan pemukiman. Sehingga dalam perencanaannya, diperlukan perencanaan sistem drainase yang baik agar air hujan yang turun tidak menggenang di atas jalan tol.

Oleh karena itu, perlu direncanakan saluran drainase yang merupakan komponen penting dalam suatu konstruksi jalan tol. Perencanaan drainase jalan tol ini dibutuhkan untuk mengalirkan air hujan agar mengalir ke saluran alam yang tersedia sehingga tidak menyebabkan banjir di sepanjang area jalan tol. Jika terjadi banjir dikhawatirkan akan mengganggu pengguna jalan tol dan juga mengganggu aktivitas penduduk. Maka diperlukan perencanaan drainase Jalan Tol Serpong – Balaraja Seksi 1B.

Mengingat permasalahan tersebut maka dengan itu diperlukan perencanaan drainase yang menerima limpasan air dari area jalan tol. Oleh karena itu diperlukan perencanaan drainase Jalan di Tol Serpong - Balaraja Seksi 1B STA. 5+150 s/d STA. 8+150.

2. METODE

Langkah-langkah yang diambil untuk mencapai tujuan studi ini dimulai dari analisis hidrologi, analisis hidrolika dan perencanaan anggaran yang diperlukan.

Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi dilakukan untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk mengevaluasi perencanaan sistem drainase. Hal ini berguna untuk menentukan ukuran dan besaran hidroliknya. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan rancangan yang mampu mencukupi kebutuhan debit rencana atau debit maksimum. Untuk perhitungan analisa hidrologi menggunakan data curah hujan 10 tahun terakhir, mulai tahun 2013 – 2022. Supaya data yang digunakan dapat dianggap mewakili daerah studi yang berada di Tangerang Selatan maka memakai tiga stasiun curah hujan terdekat, yaitu Stasiun Budiarto, Stasiun Meteorologi Tangerang dan Stasiun Soekarno Hatta.

$$F = \frac{m_1}{m_2} \quad (1)$$

Dimana :

F = faktor koreksi

m_1/m_2 = koefisien regresi (kemiringan garis regresi)

Kemudian dilanjutkan menghitung curah hujan daerah menggunakan metode rata-rata al-jabar dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

R_1, \dots, R_n = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)

n = jumlah stasiun hujan

Curah hujan rancangan adalah suatu data tentang curah hujan terbesar dengan periode ulang tertentu. Metode perhitungan curah hujan rancangan dapat menggunakan metode Rencana Normal, Log Person III, Log Normal, dan Gumbel. Pemilihan metode distribusi yang akan digunakan ditetapkan berdasarkan nilai koefisien kepengcangan (Cs) dan koefisien kepuncakan (Ck). Didapatkan hasil menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III, dengan rumus.

$$\log X_{ranc} = \overline{\log X} + G \cdot S_{\log X} \quad (3)$$

Dimana:

$\log X_{ranc}$ = Log hujan rancangan

$\overline{\log X}$ = Rata-rata log data hujan

$S_{\log X}$ = Deviasi standar log data hujan

G = Faktor distribusi

Kemudian untuk mengetahui distribusi tersebut sesuai atau tidak dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan menggunakan metode uji Smirnov-Kolmogrov pada pengujian horizontal horizontal dan uji chi-square pada pengujian vertikal dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Uji *Smirnov-Kolmogrov*

$$\Delta P = |P_{empiris} - P_{teoritis}| \quad (4)$$

Uji *Chi-Square*

$$(X_{hit}^2) = \sum (X_{empiris} - X_{teoritis})^2 / X_{teoritis} \quad (5)$$

Jika pengujian distribusi yang dilakukan sudah memenuhi, selanjutnya menghitung debit banjir rancangan yang diawali dengan menghitung waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi 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.[1]

$$tc = t_0 + t_d \quad (6)$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \quad (7)$$

$$t_d = \frac{Ls}{60v} \quad (8)$$

Dimana :

t_0 = Waktu yang diperlukan bagi air mulai jatuh di titik terjauh dari daerah pengaliran, mengalir di permukaan daerah pengaliran, sampai di ujung hulu saluran (jam)

t_d = Waktu yang diperlukan bagi air mulai dari masuk di ujung hulu saluran dan mengalir sampai di ujung hilir saluran (jam)

L_0 = Panjang lintasan aliran di atas permukaan daerah pengaliran (m)

n = koefisien hambatan (manning)
 s = kemiringan permukaan daerah pengaliran (%)
 Ls = Panjang lintasan aliran pada saluran (m)
 v = kecepatan aliran rencana pada saluran (m/detik)
 Kemudian dilanjutkan menghitung intensitas hujan. Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.[2] Besarnya intensitas dapat dihitung menggunakan rumus menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan hasil analisa distribusi frekuensi yang sudah dirata-rata, menggunakan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{Tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)
 R24 = Curah hujan harian maksimum (mm)
 Tc = Waktu konsentrasi (jam)

Selanjutnya adalah menghitung debit banjir rancangan menggunakan metode rasional. Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan dalam merencanakan pengamanan untuk pencegahan bahaya banjir suatu wilayah. Debit rencana dihitung dengan metode rasional atau metode rasional yang telah dimodifikasi atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.[3] Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (10)$$

Dimana :

Q = Debit banjir (m³/dtk)
 C = Koefisien pengaliran
 A = Luas daerah limpasan (Ha)
 I = Intensitas hujan (mm/jam)

Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran dapat diketahui dengan cara menjumlah data debit banjir rancangan dan debit dari saluran sebelumnya.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk proses evaluasi kapasitas dari saluran drainase berdasarkan debit banjir rencana. Bentuk saluran drainase berupa saluran terbuka yang dapat berbentuk persegi panjang, trapesium, setengah lingkaran atau gabungan (komposit). Aliran dalam saluran terbuka maupun tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas atau aliran saluran terbuka.[4] Debit yang mengalir pada saluran dihitung dengan rumus kontinuitas:

$$Q = V \times A \quad (11)$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m³/dt)
 V = Kecepatan aliran (m/dt)
 A = Luas penampang basah (m²)

Untuk menghitung kecepatan aliran dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/dt)
 R = Jari-jari hidrolis = $\frac{A}{P}$ (m)
 s = Kemiringan dasar saluran
 n = Koefisien kekasaran manning

Aliran kritis, sub-kritis dan super-kritis dinyatakan dengan bilangan Froude. Aliran kritis apabila Froude number, Fr = 1; aliran sub-kritis apabila Froude number < 1 dan aliran super-kritis apabila Froude number > 1.[5] Untuk menentukan jenis aliran dinyatakan dengan bilangan Froude (Fr), dapat menggunakan perhitungan seperti berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (13)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude
 V = kecepatan aliran (m/detik)
 g = Gaya grafitasi (m/detik²)
 h = kedalaman aliran (m)

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan rencana anggaran biaya dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut.

$$RAB = \sum(\text{volume pekerjaan} \times \text{HSP}) \quad (14)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

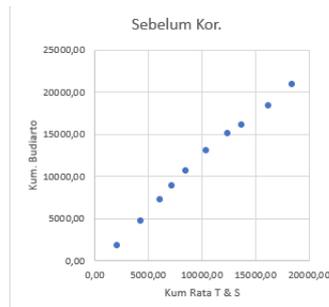
Analisis hidrologi diawali dengan uji konsistensi data hujan. Sebagai contoh hasil perhitungan uji konsistensi data hujan Sta. Menang terhadap Sta. Gampengrejo dan Sta. Turus adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan

No	Tahun	Curah Hujan Kumulatif Setahun (mm)					
		Sta. Bud	Kum Sta. Bud	Sta. Tang	Sta. Soe	Rerata Sta. Tang & Soe	Kum Rerata Sta. Tang & Soe
1	2022	1766	1766	2239	1938	2616	2616
2	2021	2876	4643	2290	2048	1599	4215
3	2020	2622	7266	1714	1936	1692	5907
4	2019	1582	8849	1107	1156	2430	8337
5	2018	1839	10688	1360	1258	1740	10076
6	2017	2319	13008	1855	1840	1550	11627
7	2016	2039	15048	2094	1989	1896	13523
8	2015	984	16032	1238	1459	1642	15165
9	2014	2311	18344	2471	2537	2319	17483
10	2013	2602	20946	2353	1992	2356	19839

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari uji konsistensi yang dilakukan, diperoleh koreksi nilai $F = 1,401$ yang menunjukkan bahwa data hujan belum konsisten



Gambar 1. Kurva Massa Ganda Sta. Budi terhadap Sta. Tang dan Soe

Sumber : Hasil Perhitungan

Curah hujan daerah dihitung setelah data curah hujan dianggap telah konsisten. Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan daerah yaitu metode rata-rata aljabar, metode tersebut adalah metode yang paling sederhana dalam rata-rata curah hujan dan lokasi studi yang tidak terlalu terjal maka dipilih metode ini. Dalam perhitungan curah hujan daerah didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Daerah

Tahun	Hujan Maksimum (mm/hari)
2013	76,30
2014	90,08
2015	84,05
2016	88,99
2017	85,9
2018	74,1
2019	52,13
2020	108,67
2021	69,49
2022	65,47

Sumber : Hasil Perhitungan

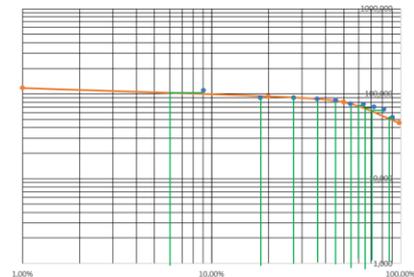
Berdasarkan hasil perhitungan digunakan untuk pemilihan metode distribusi hujan rancangan dengan kriteria koefisien kepengangan (C_s) dan koefisien kepuncakan (C_k). Pada perhitungan didapatkan $C_s = -1,5832 \neq 0$ maka perhitungan curah hujan rancangan yang digunakan yaitu menggunakan metode Log Person Tipe III. Kemudian didapat hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Tr	G	Log Xranc	Xranc	P
5	0,856	1,968	92,946	20%

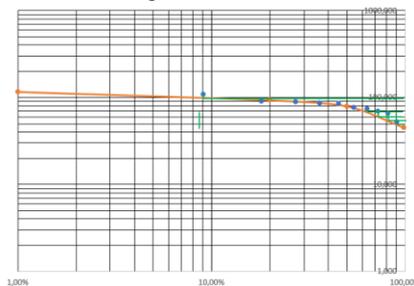
Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil plot data pada lembar distribusi untuk uji *Smirnov-Kolmogrov* diperoleh nilai $|\Delta P|$ maksimum = 11,82%, lebih kecil dari nilai $D_0 = 41\%$, maka itu artinya sudah memenuhi. Sementara untuk uji *Chi-Square* diperoleh nilai $X^2_{hit} = 5,158$, lebih kecil dari nilai X^2 tabel = 14,067, maka itu artinya sudah memenuhi.



Gambar 2. Uji *Smirnov-Kolmogrov*

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 3. Uji *Chi-Square*

Sumber : Hasil Perhitungan

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan debit banjir dari jalan, dimana L_0 jalan menggunakan setengah jalan badan jalan. Berikut ini contoh perhitungan debit banjir pada saluran 5+350 – 5+250.

Diketahui lebar jalan sebesar 19,190 meter dan panjang saluran drainase sebesar 100 meter.

- Menghitung Q_{jalan}

$$\begin{aligned}
 Q &= C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,70 \times 0,00011 \times 1919 \\
 &= 0,1038 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Analisis Hidrolika

Dimensi saluran ini direncanakan berbentuk persegi dengan bahan pasangan batu kali. Contohnya pada saluran STA 5+350 – STA 5+250 sebagai berikut.

Diketahui :

$Q_{rencana} = 0,060 \text{ m}^3/\text{detik}$

$L_d = 170 \text{ m}$

a. Menghitung kemiringan asli (S)

$$S = \frac{\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir}}{L_d}$$

$$= \frac{50,647 - 49,555}{100} = 0,011\%$$

- b. Menghitung luas penampang basah saluran berbentuk persegi

$$A = b \times h \\ = 0,3 \times 0,369 = 0,111 \text{ m}^2$$

- c. Menghitung keliling basah (P)

$$P = b + (2h) \\ = 0,30 + 2 \times 0,111 \\ = 1,038 \text{ m}$$

- d. Menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \\ = \frac{0,111}{1,038} = 0,107 \text{ m}$$

- e. Menghitung kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \\ = \frac{1}{0,025} \cdot 0,107^{\frac{2}{3}} \cdot 0,002^{\frac{1}{2}} = 0,940 \text{ m/s} \\ = 0,2 > 0,940 < 2 \text{ m/s} \dots \text{Memenuhi}$$

- f. Menghitung debit (Q)

$$Q = V \times A \\ = 0,940 \times 0,111 = 0,104 \text{ m}^3/\text{s} \\ = 0,104 < 0,150 \text{ m}^3/\text{s} \dots \text{Memenuhi}$$

- g. Bilangan Froude (Fr)

Untuk menentukan apakah aliran tersebut subkritis atau tidak dengan rumus sebagai berikut.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \\ = \frac{0,940}{\sqrt{9,81 \cdot 0,369}} = 0,494 \\ = 0,0494 < 1 \dots \text{Memenuhi}$$

- h. Mengontrol debit rencana

$$Q_{\text{hit}} \geq Q_{\text{rencana}} \\ 0,104 \geq 0,104 \rightarrow \text{Ok}$$

- i. Mengontrol kecepatan aliran dengan kecepatan ijin

$$V > V_{\text{min}} (0,940 > 0,2) \rightarrow \text{Ok} \\ V < V_{\text{maks}} (0,940 < 3) \rightarrow \text{Ok}$$

- j. Kontrol nilai froude

$$Fr < 1 (0,494 < 1) \rightarrow \text{Ok}$$

- k. Menghitung tinggi jagaan

$$\text{Tinggi jagaan} = 1/3 h_{\text{air}} \\ = 1/3 \cdot 0,369 \\ = 0,123 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan nilai dimensi saluran STA 5+350 – STA 5+250 adalah sebagai berikut.

$$B = 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,369 + 0,123 \approx 0,50 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas diketahui debit saluran (Q) dan kecepatan aliran (V) sudah memenuhi persyaratan.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dilakukan untuk menghitung rencana yang diperlukan untuk mengetahui perkiraan biaya dalam suatu perencanaan saluran drainase di daerah studi. Nilai ini didapat dari perkalian volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dari hasil perhitungan total biaya pekerjaan menggunakan harga satuan pekerjaan Kabupaten Tangerang tahun 2022, didapat hasil rencana anggaran biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 11.561.300.000,00

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase pada Jalan tol Serpong – Balaraja seksi 1B STA 5+150 – 8+150, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Curah hujan rancangan dalam 5 tahun di area Pembangunan Jalan Tol Serpong – Balaraja Seksi 1B yaitu sebesar 92,946 mm/hari
2. Debit air limpasan hujan pada proyek jalan tol Serpong – Balaraja Seksi 1B STA 5+150 – STA 8+150 adalah 3,398 m³/det
3. Desain Struktur saluran drainase pada proyek drainase jalan tol Serpong – Balaraja Seksi 1B STA 5+150 – STA 8+150 direncanakan dengan bahan batu kali dengan tebal pasangan (t) = 0,3 meter & ukuran dimensi dengan bentuk segi empat dengan ukuran saluran terbesar lebar saluran (b) = 1 meter dan tinggi (h) = 1.09 meter, saluran terkecil dengan ukuran (b) = 0.3 dan tinggi (h) = 0.35
4. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam konstruksi drainase pada proyek jalan tol Serpong – Balaraja Seksi 1B STA 5+150 – STA 8+150 adalah sebesar Rp 11,561,300,000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Halim Hasmar, 2012. Drainase Terapan. Yogyakarta: UII Press
- [2] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, Andi
- [3] Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012, Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan, Penerbit Cipta Karya, Jakarta
- [4] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, Andi a
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya, “Buku Jilid IA Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan,” Direktorat Pengemb. Penyehatan Lingkungan. Permukim., p. 149, 2012.

