

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE JALAN TOL BALIKPAPAN-SAMARINDA SEKSI 4

Rahmawati^{*)}, Hikmah Maulani^{*)}, Pranoto Samto Atmojo^{**)}, Salamun^{**)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060
^{*)}E-mail: rahmawati2212@gmail.com, hikmah.maulani@yahoo.com

ABSTRAK

Kota Samarinda dan Kota Balikpapan berperan penting dalam meningkatkan aktivitas ekonomi dan sosial sehingga membutuhkan prasarana jalan berkualitas baik. Adanya jalan tersebut mampu meningkatkan aksesibilitas dan mobilitas masyarakat. Pembangunan jalan tol yang menghubungkan kedua kota tersebut memberikan alternatif jawaban bagi pertumbuhan ekonomi antarwilayah dan dalam rangka penciptaan sistem transportasi yang lancar serta efisien.

Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Seksi 4 memiliki panjang 16.325 meter. Analisis hidrologi sistem drainase ini dilakukan menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar untuk mencari hujan rerata, analisis intensitas hujan menggunakan Persamaan Mononobe, serta analisis debit menggunakan Metode Rasional dan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Gama I berdasarkan periode ulang tertentu. Pada perencanaan saluran gorong-gorong dan jembatan digunakan periode ulang 50 tahun dan diperoleh debit maksimum sebesar $80,06 \text{ m}^3/\text{dt}$; sedangkan pada perencanaan saluran samping dan saluran median digunakan periode ulang 10 tahun. Debit maksimum saluran samping sebesar $1,058 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan debit maksimum saluran median sebesar $0,049 \text{ m}^3/\text{dt}$. Berdasarkan analisis hidrolika diperoleh penampang rencana saluran gorong-gorong tipe *Box Culvert* dimensi $2\text{m} \times 2\text{m}$ dan dimensi $2 \times 2\text{m} \times 2\text{m}$, penampang rencana saluran samping berupa *U-Ditch* dimensi $0,6\text{m} \times 1\text{m}$ dan $1,8\text{m} \times 1\text{m}$ dan penampang rencana saluran utama median berupa pipa beton setengah lingkaran berdiameter 40cm serta saluran pembuangan median berupa pipa beton berdiameter 60cm. Pelaksanaan konstruksi drainase jalan tol ini direncanakan selesai dalam waktu 9 bulan, dengan total biaya sebesar Rp 71.077.876.000,00 (Tujuh puluh satu milyar tujuh puluh tujuh juta delapan ratus tujuh puluh enam ribu rupiah).

Kata kunci: jalan tol, drainase, Hidrograf Satuan Sintetis Gama I, *Box Culvert*, *U-Ditch*

ABSTRACT

Samarinda and Balikpapan City have an important role to improve economic and social activities that need infrastructure of good quality road. It can increase accessibilities and people's mobilities. The freeway construction connecting those two cities gives an alternative answer to the economic growth between regions and it is used in order to create a fast and efficient transportation system.

*Balikpapan-Samarinda freeway section 4 has 16.325 meters of the length. This analysis of hydrology drainage system is conducted with Algebra Mean Method looking for rainfall, its intensity analysis by using Mononobe Equation, and the analysis of discharge utilizing Rational Method and Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph based on certain repetitive period. The planning of culvert and bridge uses repetitive period of 50 years with maximum discharge about $80,06 \text{ m}^3/\text{dt}$. Meanwhile, the side ditch and median ditch use repetitive period of 10 years. The maximum discharge of side ditch is about $1,058 \text{ m}^3/\text{dt}$ and the other is about $0,049 \text{ m}^3/\text{dt}$. Based on the analysis of hydraulics, it is obtained that the culvert planning section with *Box Culvert* type has dimension of $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ and $2 \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, whereas the side ditch planning section is like *U-Ditch* has dimension of $0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m}$*

^{**)} *Penulis Penanggung Jawab*

and 1,8 m x 1 m, then the main median ditch planning section which is semi-circular concrete pipe has diameter of 40 cm and the median sewer which is concrete pipe has diameter of 60 cm.

The implementation of freeway drainage construction is estimated to be finished in 9 months, with total cost Rp 71.077.876.000,00 (Seventy one billion seventy seven million eight hundred seventy six rupiah).

Keyword: freeway, drainage, Gama I Synthetic Unit Hydrograph, Box Culvert, U-Ditch

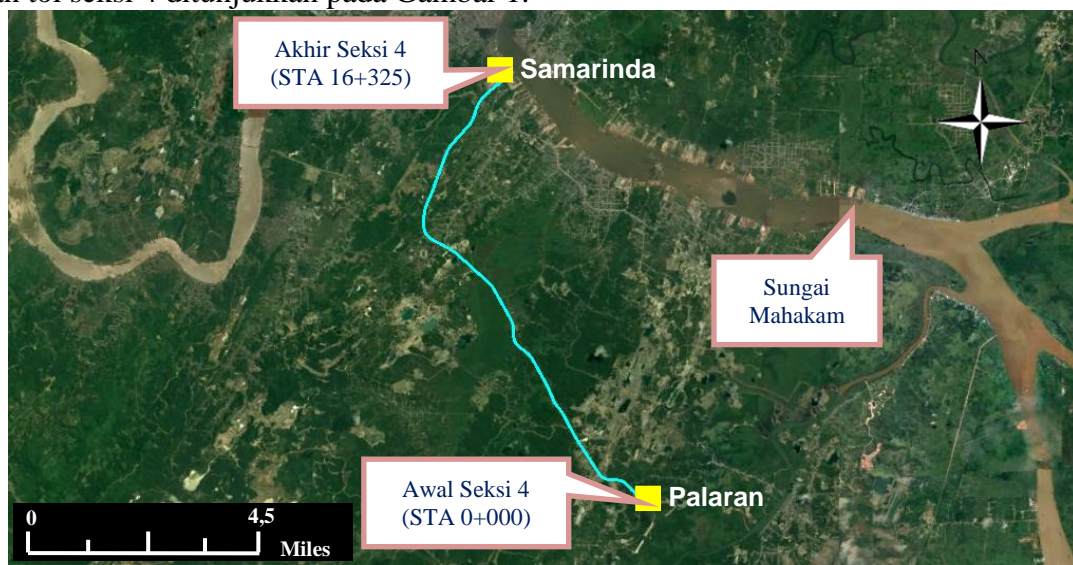
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Provinsi Kalimantan Timur sebagai salah satu pintu gerbang pembangunan di wilayah Indonesia bagian Timur berdampak pada tingginya pertumbuhan ekonomi dimana pendapatan daerah tertinggi di Pulau Kalimantan akan memberikan dampak terhadap kebutuhan infrastruktur yang tinggi pula. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kegiatan ekonomi masyarakat melalui peran transportasi maka Pemerintah mengadakan pembangunan prasarana Jalan Tol Balikpapan-Samarinda dengan panjang total \pm 86 km dan dibagi menjadi empat seksi. Agar suatu jalan tol dapat dengan aman dan nyaman untuk dilewati serta dapat memenuhi umur rencana, disamping perencanaan alinyemen yang baik, diperlukan pula perencanaan drainase jalan yang baik. Perencanaan drainase yang kurang baik dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan seperti retak, berlubang, mengelupas dan sebagainya yang dapat membahayakan pengguna jalan. Di sisi lain, adanya jalan baru akan menutupi area resapan air yang semula dapat meresap langsung ke dalam tanah. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem drainase untuk mengeluarkan air secepat mungkin dari permukaan jalan, baik air hujan, aliran air yang berasal dari daerah pengaliran sekitar maupun drainase yang melintas di jalan tol atau sungai dari area yang lebih luas.

Lokasi Studi

Jalan Tol Balikpapan-Samarinda berada di Provinsi Kalimantan Timur. Rute Jalan Tol Balikpapan-Samarinda dibagi menjadi 4 seksi. Seksi 4 sendiri memiliki panjang 16.325 meter yang berawal dari Simpang Palaran sampai dengan Samarinda. Lokasi pekerjaan jalan tol seksi 4 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Seksi 4
(Sumber: Google Earth, 2017)

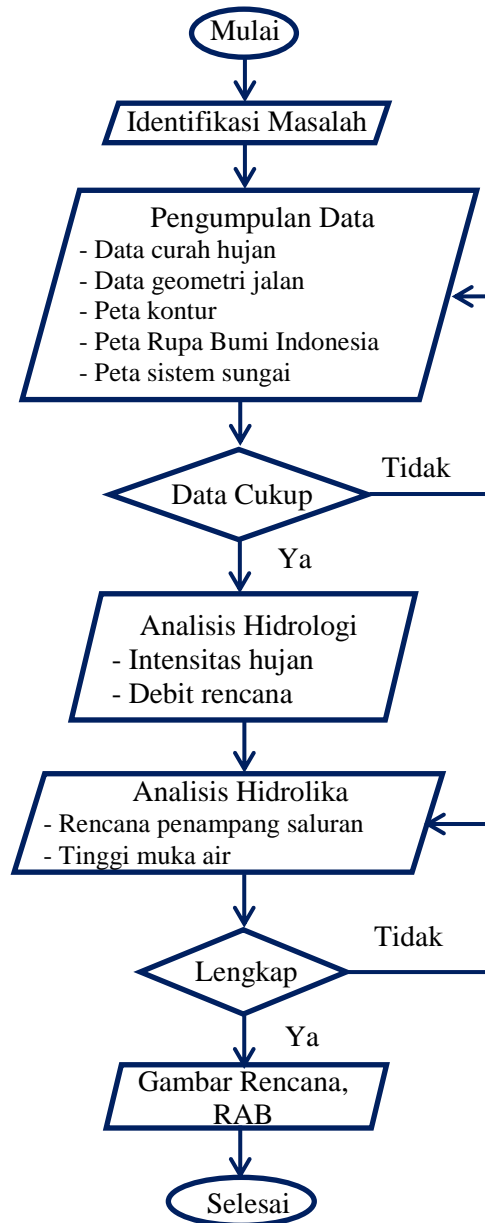
Keterangan gambar :

- : jalan tol Balikpapan-Samarinda seksi 4
- : batas awal dan akhir seksi 4

METODOLOGI PERENCANAAN

Tahap perencanaan merupakan tahap awal sebelum kegiatan konstruksi. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan yang tepat agar kegiatan konstruksi berjalan dengan lancar. Secara garis besar, tahap perencanaan terdiri dari dua macam pekerjaan yaitu pengumpulan data dan analisis data. Analisis data dilakukan berdasarkan data yang telah terkumpul, untuk kemudian digunakan dalam merencanakan sistem drainase hingga pembuatan gambar rencana.

Secara keseluruhan metodologi yang digunakan dibuat dalam bentuk diagram alir yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

ANALISIS HIDROLOGI

Perhitungan analisis hidrologi didasarkan pada data hujan dari stasiun hujan yang dekat dengan lokasi proyek, yaitu Stasiun Hujan Sepinggian Balikpapan dan Stasiun Hujan Temindung Samarinda. Jumlah data yang digunakan yaitu data Tahun 2001-2015. Data hujan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kalimantan Timur.

Daerah Tangkapan Air atau DTA

Daerah tangkapan air atau DTA adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana semua air hujan yang jatuh ke daerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang bersangkutan (Kodoatie dan Sjarief, 2008). Pada perencanaan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda seksi 4 ini terdapat 19 DTA.

Penentuan Hujan Rata-Rata

Untuk mencari hujan rata-rata, digunakan Metode Rata-Rata Aljabar. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Hujan Rata-Rata

Tahun	Hujan Rerata (mm)	Tahun	Hujan Rerata (mm)
2001	112,5	2009	77,5
2002	118,5	2010	103,5
2003	101	2011	86,5
2004	244,5	2012	92,5
2005	84,5	2013	94
2006	85	2014	94,5
2007	96,5	2015	76,5
2008	103		

Analisis Distribusi Frekuensi

Setelah diperoleh hujan rata-rata, kemudian dilakukan analisis distribusi frekuensi yang bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2008). Pemilihan distribusi frekuensi didasarkan pada nilai parameter statistik, meliputi nilai rata-rata (\bar{x}), standar deviasi (S_x), koefisien varian (C_v), koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Parameter statistik digunakan untuk mengukur dispersi sehingga dapat diketahui jenis sebaran. Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa distribusi frekuensi yang dapat digunakan adalah Distribusi Log Pearson III.

Tabel 2. Penentuan Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 3,319$ $C_k = 11,974$	tidak memenuhi
Distribusi Log Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 0$	$C_s = 2,598$ $C_k = 8,377$	tidak memenuhi
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	$C_s = 3,319$ $C_k = 11,974$	tidak memenuhi
Distribusi Log Pearson tipe III	$C_s > 0$ $C_k \approx 1,5 C_s^3 + 3 \approx 29,303$	$C_s = 2,598$ $C_k = 8,377$	mendekati memenuhi

Setelah diketahui jenis distribusi yang digunakan, kemudian dilakukan uji keselarasan menggunakan metode Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Hasil yang diperoleh adalah Distribusi Log Pearson III dapat diterima berdasarkan Uji Smirnov-Kolmogorov, tetapi ditolak berdasarkan Uji Chi Kuadrat.

Perhitungan Curah Hujan Rencana (R_{24})

Curah hujan rencana dihitung menggunakan persamaan Distribusi Log Pearson III sesuai dengan periode ulang tertentu. Untuk perencanaan saluran gorong-gorong digunakan

periode ulang 50 tahun, sedangkan untuk perencanaan saluran samping dan saluran median digunakan periode ulang selama 10 tahun. Nilai curah hujan rencana sesuai dengan periode ulang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Rencana sesuai Periode Ulang

T (Tahun)	R ₂₄ (mm)
2	90,471
5	113,755
10	141,067
25	187,513
50	234,212
100	293,676

Perhitungan Intensitas Hujan dan Debit Rencana

Perencanaan Saluran Median

Saluran median dibagi menjadi dua, yaitu saluran median utama dan saluran pembuangan tiap ± 200 meter. Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe (Persamaan 1) dengan waktu konsentrasi selama 1 jam. Debit rencana dihitung menggunakan Metode Rasional (Persamaan 2), dimana DTA adalah seluas bangunan median (pada jalan lurus) dan ditambah dengan badan jalan (pada tikungan).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \frac{24}{t_c}^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots 1$$

dimana:

- I_t = rata-rata intensitas curah hujan dari awal sampai jam ke t (mm/jam)
- R₂₄ = curah hujan rencana (mm)
- 24 = standar presentase dalam 1 hari (R₂₄ = 100%).
- t_c = waktu konsentrasi (jam)

Berdasarkan Persamaan 1, diperoleh intensitas hujan sebesar 48,905 mm/jam.

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots 2$$

dimana:

- Q=debitrencana(m³/detik)
- C=koefisienaliran rata-rata
- I=intensitas hujan selamawaktu konsentrasi(mm/jam)
- A=luas DTA(km²)

Perhitungan debit rencana saluran median utama dan saluran outlet STA 0+000 sampai STA 1+014 terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Debit Saluran Median

STA	L (m)	S (%)	Lebar median (m)	L LC (m)	Lebar badan jalan (m)	Luas (m ²)	Debit saluran (m ³ /s)	Debit outlet (m ³ /s)	
0+000	0+212	212	0,5	2,5	72	12,45	1428	0,016	0,016
0+212	0+412	200	0,5	2,5	181	12,45	2749	0,030	0,030
0+412	0+612	200	0,5	2,5	14	12,45	675	0,007	0,007
0+612	0+812	200	0,5	2,5	169	12,45	2604	0,028	0,028
0+812	1+014	203	0,5	2,5	0	12,45	507	0,006	0,006

Perencanaan Saluran Samping

Perhitungan intensitas hujan menggunakan Persamaan 1, dengan waktu konsentasi (tc) dihitung berdasarkan Persamaan 3 sampai Persamaan 5. Perhitungan debit rencana dihitung berdasarkan Persamaan 2.

$$t_o = \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \dots\dots\dots 3$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots 4$$

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots 5$$

dimana:

- t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)
- t_d = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)
- L = panjang saluran (meter)
- S = kemiringan saluran

Perhitungan intensitas hujan dan debit rencana saluran samping sisi kanan STA 0+000 sampai STA 0+700 terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan intensitas hujan dan debit rencana saluran samping sisi kanan STA 0+000 sampai STA 0+600

STA		Luas	t _d	t _o	t _c	I _{10th}	C	Q _{10th}
Awal	Akhir	Ha	menit	menit	menit	mm/jam		m ³ /d
0+000	0+200	0,368	8,333	0,469	8,803	0,147	175,809	0,8 0,144
0+200	0+300	0,179	1,852	0,456	2,308	0,038	429,172	0,8 0,171
0+300	0+375	0,132	1,042	0,454	1,496	0,025	573,072	0,8 0,168
0+375	0+600	0,677	6,250	0,985	7,235	0,121	200,362	0,8 0,302

Perencanaan Saluran Gorong-Gorong

Perhitungan intensitas hujan menggunakan Persamaan 1, Persamaan 3, Persamaan 4 dan Persamaan 5. Sedangkan debit rencana dihitung menggunakan dua metode. Untuk DTA dengan luas ≤ 3 km², debit rencana dihitung menggunakan Persamaan 2 dan untuk DTA > 3 km², debit rencana dihitung menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I. HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Q_p), waktu dasar (TB), dan sisi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan (K) yang mengikuti Persamaan 6 sampai Persamaan 12.

$$Q_1 = Q_p e^{-t/K} \dots\dots\dots 6$$

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100.SF} \right)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775 \dots\dots\dots 7$$

$$TB = 27.4132 Tr^{0.1457} S^{-0.0986} SN^{0.7344} RUA^{0.2574} \dots\dots\dots 8$$

$$QP = 0.1836 A^{0.5886} Tr^{-0.4008} JN^{0.2381} \dots\dots\dots 9$$

$$K = 0.5617 A^{0.1798} S^{-0.1446} SF^{-1.0897} D^{0.0452} \dots\dots\dots 10$$

$$\emptyset = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} \times A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} (A/SN)^4 \dots\dots\dots 11$$

$$QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,943} \dots\dots\dots 12$$

Keterangan :

- A : luas DAS (km²)
- L : panjang sungai utama diukur dari titik kontrol (km)
- S : kemiringan dasar sungai
- SF : faktor sumber, perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat
- SN : frekuensi sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan

- jumlah pangsa sungai semua tingkat
- WF : faktor lebar, perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 L dengan lebar DAS yang diukur di sungai yang berjarak 0,25 L dari stasiun hidrometri.
- JN : jumlah pertemuan sungai
- SIM : faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA)
- RUA : luas DAS sebelah hulu, perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melalui titik tersebut
- D : kerapatan jaringan kurus, jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS (Harto, 1993)

Perhitungan intensitas hujan dan debit rencana gorong-gorong terdapat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Contoh Perhitungan Intensitas Hujan dan Debit Rencana untuk DTA dengan Luas $\leq 3 \text{ km}^2$

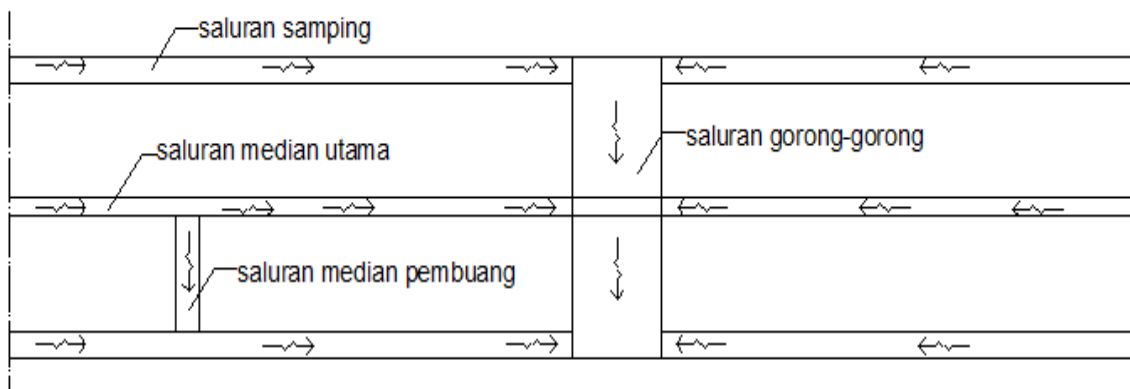
DTA	Luas Ha	td menit	to menit	tc menit	jam	I_{50th} mm/jam	C	Q_{50th} m ³ /dt
55	95,835	82,417	34,578	116,995	1,950	52,023	0,400	5,544
56	105,509	66,208	17,210	83,418	1,390	65,183	0,351	6,702
57	244	18,556	15,781	34,336	0,572	117,798	0,337	26,928
58	68,724	28,528	15,301	43,829	0,730	100,108	0,301	5,754

Tabel 7. Perhitungan Debit Puncak HSS Gama I untuk DTA dengan Luas $>3 \text{ km}^2$

DTA	Tr (jam)	Tb (jam)	Qp (m ³ /d)	K	Qb (m ³ /d)	Ø (mm)	Debit Puncak (m ³ /d)
44	1,848	27,841	3,743	5,273	9,572	10,479	80,057
43	3,475	25,842	0,591	5,229	2,934	10,479	12,283
41	1,559	23,179	0,456	2,923	1,977	10,490	15,012
46	1,751	23,671	0,491	4,025	2,168	10,490	15,300

ANALISIS HIDROLIKA

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran dalam mengalirkan debit rencana pada saluran median, saluran samping dan saluran gorong-gorong berdasarkan analisis hidrologi. Sketsa saluran tersebut ditunjukkan Gambar 4 berikut.

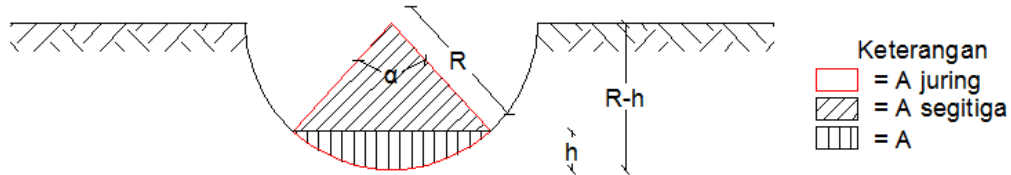


Gambar 3. Sketsa Saluran

Analisis Penampang Saluran Median

Saluran median utama direncanakan menggunakan penampang berbentuk setengah lingkaran dengan diameter 40 cm dan tinggi jagaan 30 cm. Untuk saluran pembuangan median direncanakan menggunakan penampang saluran bulat berdiameter 60 cm.

Analisis tinggi muka air (h) menggunakan Persamaan 13 sampai Persamaan 19. Dilakukan *trial and error* pada nilai h sehingga diperoleh nilai $Q_2 \approx Q_1$. Q_1 merupakan debit yang diperoleh dari hasil analisis hidrologi (debit rencana).



Gambar 5. Sketsa Penampang Lingkaran

$$\begin{aligned} \alpha &= 2 \times \text{ACOS}((r-h)/r) \times 180 / \pi \dots\dots\dots 13 \\ A_{\text{juring}} &= \pi \times r^2 \times 2 \times \text{ACOS}((r-h)/R) \times 180 / \pi / 360 \dots\dots\dots 14 \\ A_{\text{segitiga}} &= (\text{SIN}((\alpha/2) \times \pi / 180) \times r) \times (r-y) \dots\dots\dots 15 \\ A &= A_{\text{juring}} - A_{\text{segitiga}} \dots\dots\dots 16 \\ P &= 2 \times \pi \times r \times (2 \times \text{ACOS}((r-h)/r) \times 180 / \pi) / 360 \dots\dots\dots 17 \\ R &= A/P \dots\dots\dots 18 \\ Q_2 &= \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3} \times A \dots\dots\dots 19 \end{aligned}$$

dimana:

- r = jari-jari penampang rencana (m)
- h = tinggi muka air (m)
- α = sudut juring ($^\circ$)
- A_{juring} = luas juring lingkaran (m^2)
- A_{segitiga} = luas segitiga (m^2)
- A = luas penampang basah (m^2)
- P = keliling penampang basah (m)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- Q_2 = debit hasil analisis hidrolika (m^3/d)

Contoh hasil perhitungan tinggi muka air saluran median sesuai dengan penampang rencana disajikan dalam Tabel 8.

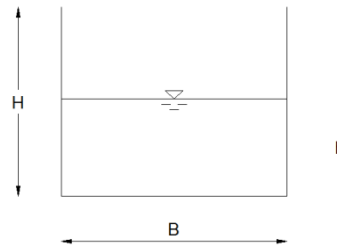
Tabel 8. Hasil Perhitungan Tinggi Muka Air Saluran Median

No.	STA	Luas (m^2)	Q_{saluran} (m^3/s)	h_{saluran} (m)	Q_{outlet} (m^3/s)	h_{outlet} (m)
1	0+000 0+212	1428	0,016	0,090	0,016	0,059
2	0+212 0+412	2749	0,030	0,122	0,030	0,082
3	0+412 0+612	675	0,007	0,072	0,007	0,041
4	0+612 0+812	2604	0,028	0,118	0,028	0,080
5	0+812 1+014	507	0,006	0,068	0,006	0,035

Analisis Penampang Saluran Samping

Terdapat dua tipe penampang rencana yang akan digunakan, yaitu *U-Ditch* dimensi 1,8 m x 1 m pada STA 3+650 sampai STA 3+967 untuk saluran samping kiri dan STA 3+325 sampai STA 3+967 untuk saluran samping kanan. Pada STA yang lain digunakan *U-Ditch* dimensi 0,6 m x 1 m.

Perhitungan tinggi muka air saluran samping dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh nilai debit Q_2 mendekati nilai debit dari analisis hidrologi (Q_1). Debit Q_2 dapat dihitung menggunakan Persamaan 18 sampai Persamaan 21.



Gambar 5. Sketsa Penampang Persegi
(Sumber : Suripin, 2004)

$$A = B \times h \dots\dots\dots 20$$

$$P = B + 2 \times h \dots\dots\dots 21$$

dimana:

B = lebar penampang saluran (m)

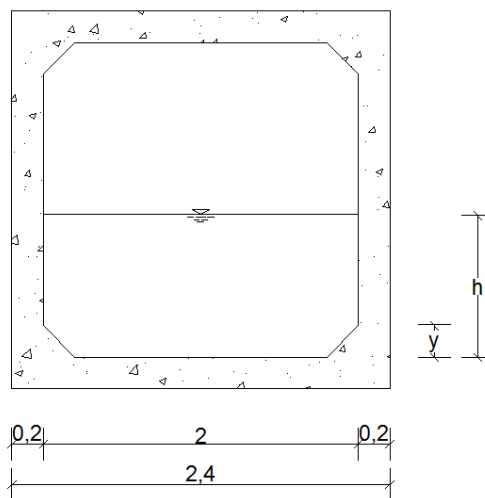
Contoh hasil perhitungan tinggi muka air saluran samping sisi kiri disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Tinggi Muka Air Saluran Samping Sisi Kiri

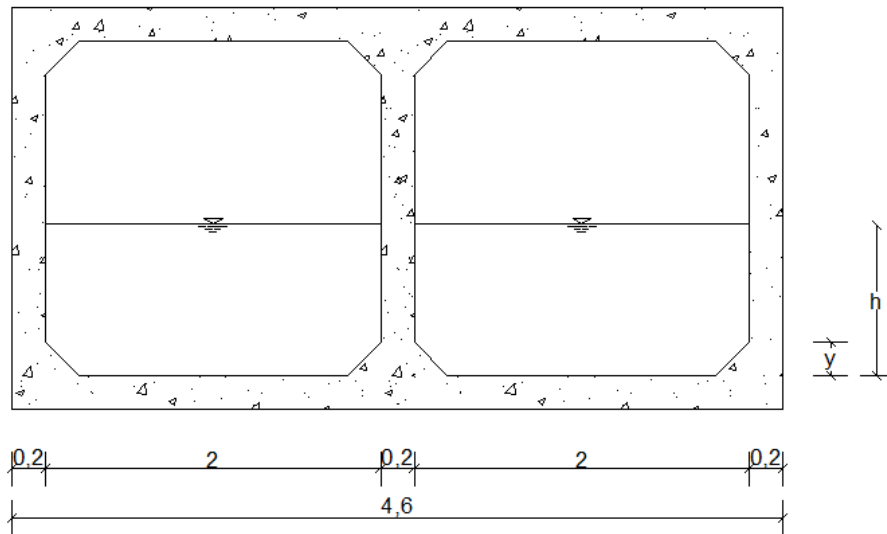
STA		Q1 (m ³ /d)	H (m)	B (m)	h (m)	Q2 (m ³ /d)	ΔQ (m ³ /d)
Awal	Akhir						
0+000	0+075	0,144	1	0,6	0,128	0,144	0
0+075	0+225	0,12	1	0,6	0,147	0,121	0,001
0+225	0+300	0,181	1	0,6	0,127	0,182	0,001
0+300	0+350	0,161	1	0,6	0,101	0,161	0

Analisis Penampang Gorong-Gorong

Direncanakan saluran gorong-gorong menggunakan *Box Culvert* (BC) dengan dimensi 2 m x 2 m dan kelipatannya. Sketsa penampang BC 2 m x 2 m dan 2 BC 2 m x 2 m dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Sketsa Penampang *Box Culvert* 2 m x 2 m



Gambar 7. Sketsa Penampang 2 Box Culvert 2 m x 2 m

Perhitungan tinggi muka air BC dilakukan dengan cara *trial and error* pada nilai tinggi muka air (h) sehingga diperoleh debit Q_2 mendekati debit hasil analisis hidrologi (Q_1). Debit Q_2 dapat dihitung menggunakan Persamaan 18, Persamaan 19, Persamaan 22 sampai Persamaan 25.

Ketika $h < y$, maka

$$y = 0,2 \text{ m}$$

$$A = (B + m xy)xy \dots\dots\dots 22$$

$$P = B + 2 x y (1+m^2)^{0,5} \dots\dots\dots 23$$

Ketika $0,2 \text{ m} < h < 1,8 \text{ m}$ maka:

$$A = (B + m xy)xy + B x (h - y) \dots\dots\dots 24$$

$$P = B + 2x y (1+m^2)^{0,5} + 2 x (h - y) \dots\dots\dots 25$$

Selain *boxculvert* direncanakan pula jembatan dengan bentang 16 m dan 30 m. Gambar 8 merupakan sketsa penampang jembatan.



Gambar 8. Sketsa Penampang Jembatan

Perhitungan tinggi muka air jembatan dilakukan dengan cara *trial and error* pada nilai tinggi muka air (h) sehingga diperoleh debit Q_2 mendekati debit hasil analisis hidrologi (Q_1). Debit Q_2 dapat dihitung menggunakan Persamaan 18, Persamaan 19, Persamaan 22, Persamaan 23, Persamaan 26 sampai Persamaan 29.

Pada bentang 16 m : $y = 0,2 \text{ m} \dots\dots\dots 26$

Pada bentang 30 m : $y = 0,3 \text{ m} \dots\dots\dots 27$

Ketika $h > y$, maka:



A = $(b+mx^2) \times y + b \times (h - y)$ 28
P = $b + 2 \times y \times (1+m^2)^{0,5} + 2 \times (h - y)$ 29

Contoh hasil perhitungan tinggi muka air gorong-gorong dan jembatan terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Tinggi Muka Air Gorong-Gorong dan Jembatan

No. DTA	STA Outlet	Tipe	Q1 (m ³ /d)	h (m)	Q2 (m ³ /d)	ΔQ (m ³ /d)
41	1+275	Jembatan B = 16 m	15,01	0,820	15,01	0,00
55	2+536	BC 2m x2m	5,54	1,146	5,54	0,00
57	3+966	BC 2m x2m	26,93	1,163	26,93	0,00
58	4+749	BC 2m x2m	5,75	1,179	5,75	0,00
58A	5+400	BC 2m x2m	4,75	1,020	4,75	0,00
59	5+808	BC 2m x2m	9,79	1,788	9,79	0,00

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan saluran samping dan median, serta pekerjaan gorong-gorong, total biaya pelaksanaan sebesar Rp 71.077.876.000,00 (Tujuh puluh satu milyar tujuh puluh tujuh juta delapan ratus tujuh puluh enam ribu rupiah) atau 4.353.928.100 (empat milyar tiga ratus lima puluh tiga juta sembilan ratus dua puluh delapan ribu seratus rupiah) per kilometer dengan durasi pekerjaan selama 9 bulan.

KESIMPULAN

Dari perencanaan sistem drainase Jalan Tol Balikpapan-Samarinda seksi 4 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis hidrologi dengan periode ulang 50 tahun, diperoleh debit maksimum DTA sebesar 80,06. m³/d. Untuk rencana saluran samping dengan periode ulang 10 tahun diperoleh debit maksimum sebesar 1,058 m³/d dan sebesar 0,049 m³/d untuk saluran median.
2. Perencanaan saluran drainase dibagi menjadi 3 yaitu:
 - a. Saluran samping berupa *U-Ditch* dengan dimensi 0,6m x 1m dan 1,8m x 1m.
 - b. Saluran median berupa saluran terbuka dengan diameter 40 cm, sedangkan pada outlet digunakan saluran bulat tertutup berdiameter 60 cm.
 - c. Gorong-gorong menggunakan *Box Culvert* dimensi 2m x 2m dan 2 buah *Box Culvert* yang masing-masing berdimensi 2m x 2m.
3. Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), total biaya pelaksanaan pekerjaan drainase Jalan Tol Balikpapan-Samarinda seksi 4 adalah sebesar Rp 71.077.876.000,00 (Tujuh puluh satu milyar tujuh puluh tujuh juta delapan ratus tujuh puluh enam ribu rupiah) atau 4.353.928.100 (empat milyar tiga ratus lima puluh tiga juta sembilan ratus dua puluh delapan ribu seratus rupiah) per kilometer.

SARAN

Berikut merupakan saran yang ditujukan kepada Perencana:

1. Agar perencanaan sistem drainase jalan tol dapat dilakukan dengan lebih mudah maka perlu disiapkan terlebih dahulu potongan melintang jalan, bisa tiap 25 atau 50 m.
2. Diperlukan data hujan otomatis (jam-jaman) yang lengkap dari setiap stasiun hujan agar analisis hidrologi mendekati akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Harto, S., 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief R., 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Salamun, 2007, *Rekayasa Irigasi dan Bangunan Air*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Triadmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.