

# Analisis Perencanaan Saluran Terbuka pada Lokasi Amblesan Jalur Kereta Api di KM 206+100 - KM 206+560 Emplasemen Gilas Divre IV Tanjung Karang

*Analysis of Open Channel Design at The Railway Subsidiary Location at KM 206+100 - KM 206+560 of The Tanjung Karang Divre IV Gilas Emplasement*

**Yogi Peranata<sup>1</sup>, Henggar Risa Destania<sup>1 n</sup>, Ghina Amalia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri,

Jl. Jend. Sudirman Km.4 No. 62, 20 Ilir D. IV, Kec. Ilir Tim. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30129

Email: 202250045p@students.uigm.ac.id

## Abstrak

Amblesan pada jalur kereta api di Km 206+100–Km 206+560 Emplasemen Gilas Divre IV Tanjung Karang terjadi akibat interaksi antara kondisi geoteknis tanah yang jenuh air, elevasi muka air tanah yang tinggi, serta sistem drainase permukaan yang tidak berfungsi optimal. Hasil investigasi memperlihatkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman 0–5 m didominasi lempung dengan indeks plastisitas tinggi, sehingga mudah mengalami perubahan volume akibat fluktuasi kadar air. Pada kedalaman 5–10 m terdapat lempung berpasir, dan di bawah 10 m berupa pasir lanau. Data geolistrik menunjukkan muka air tanah berada 1,5 m di bawah kop rel, menyebabkan tanah jenuh dan memicu efek pumping saat dilewati beban dinamis kereta. Kondisi tersebut mempercepat terbentuknya bidang gelincir yang menurunkan faktor keamanan lereng ( $SF < 1,5$ ). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menganalisis kebutuhan perbaikan sistem drainase melalui perencanaan saluran terbuka. Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas saluran rencana sebesar  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , lebih besar dari debit limpasan area A1 sebesar  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dimensi saluran eksisting sepanjang area pengaliran juga memenuhi kebutuhan hidrolis. Selain itu, perencanaan saluran bawah tanah (subsurface drainage) dan vertical drain diperlukan untuk menurunkan muka air tanah agar stabilitas lereng tetap terjaga. Diameter pipa HDPE yang digunakan adalah 14 inci, berdasarkan hasil analisis kebutuhan debit dan ketersediaan di lapangan.

**Kata Kunci:** Berikan 3-5 kata kunci berdasarkan urutan alphabetic; kata kunci dipisahkan dengan titik koma

## Abstract

*Railway track subsidence at Km 206+100–Km 206+560 of the Gilas Emplacement, Divre IV Tanjung Karang, is caused by the interaction between saturated soil conditions, high groundwater levels, and an underperforming drainage system. Field investigations show that the 0–5 m soil layer is dominated by high-plasticity clay, while the 5–10 m layer consists of sandy clay, and the layer below 10 m is silty sand. Geoelectrical data indicate groundwater levels as shallow as 1.5 m below the rail head, causing soil saturation and resulting in pumping effects under dynamic train loading. This accelerates the formation of slip surfaces and decreases slope safety factors ( $SF < 1.5$ ). This study evaluates drainage improvements by designing an open drainage channel system. Calculations show that the planned channel capacity is  $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , exceeding the runoff discharge in Area A1 ( $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Existing channel dimensions are also adequate to convey runoff. Additionally, subsurface drainage and vertical drain systems are required to lower groundwater levels and maintain slope stability. The recommended HDPE pipe diameter is 14 inches, adjusted to field availability.*

**Keywords:** Subsidence, Drainage, Open Channel, groundwater, slope stability.

## PENDAHULUAN

Drainase memiliki fungsi penting dalam menjaga kualitas infrastruktur transportasi, termasuk jalan dan jalur kereta api. Sistem drainase berperan

mengalirkan air hujan atau limpasan permukaan agar tidak menggenangi badan jalan, sehingga tidak menurunkan daya dukung tanah maupun merusak struktur (Hasmar, 2012). Genangan air pada permukaan jalan dapat menimbulkan bahaya seperti

berkurangnya gaya gesek ban dan risiko aquaplaning (Muliantara dkk., 2015). Pada jalur kereta api, gangguan pada pengaliran air dapat menyebabkan kerusakan yang lebih serius karena terkait langsung dengan kestabilan tanah dasar dan keselamatan operasional kereta

Keselamatan merupakan prioritas utama PT Kereta Api Indonesia (Persero), sebab gangguan kecil pada struktur rel dapat memengaruhi keseluruhan perjalanan kereta (Peraturan Dinas No.10 PJKA, 1986). Insiden amblesnya jalur kereta di Km 206+100 – Km 206+560 Emplasemen Gilas Divre IV Tanjung Karang pada 27 April 2023 mempertegas pentingnya faktor tersebut. Pengamatan awal menunjukkan bahwa tanah didominasi oleh lempung yang memiliki kemampuan mengikat air tinggi dan buruk dalam mengalirkan air, sehingga rentan jenuh dan tidak stabil (Wibowo & Saputro, 2022). Data geolistrik menunjukkan bahwa muka air tanah berada hanya 1,5 meter di bawah kop rel, sehingga memicu pumping effect ketika dilintasi kereta. Dalam jangka panjang, kondisi ini menghasilkan bidang gelincir dan amblesan dengan nilai faktor keamanan turun di bawah 1,5, yang menunjukkan kondisi tidak aman secara geoteknis.

Kejadian amblesan serupa juga pernah terjadi pada Km 112+000 – Km 114+000 antara Cempaka – Ketapang Divre IV Tanjung Karang pada tahun 2022. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa amblesan tersebut dipicu oleh buruknya sistem drainase yang menyebabkan air hujan menggenang, meresap hingga tanah dasar, dan meningkatkan kadar air tanah (Saputro dkk., 2022). Tanah yang jenuh akan mengalami penurunan kekuatan, peningkatan tekanan pori, dan menimbulkan mud pumping, terutama saat dilewati beban dinamis kereta (Siregar dkk., 2021). Hal ini menggambarkan korelasi kuat antara kerusakan jalur rel (amblesan) dengan ketidakmampuan sistem drainase dalam mengendalikan air limpasan.

Dengan demikian, hubungan antara amblesan dan drainase sangat jelas: kegagalan sistem pengaliran air menyebabkan peningkatan kadar air tanah, penurunan daya dukung tanah dasar, serta deformasi vertikal yang memicu amblesan jalan rel. Oleh sebab itu, perbaikan sistem drainase, khususnya melalui pemasangan saluran drainase terbuka, menjadi langkah teknis yang wajib dilakukan untuk meminimalkan risiko kerusakan dan meningkatkan keselamatan jalur kereta api (Peraturan Dinas No.10 PJKA, 1986).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan saluran terbuka sebagai solusi penanganan amblesan

di Km 206+100 – Km 206+560 Emplasemen Gilas Divre IV Tanjung Karang. Fokus penelitian meliputi Menganalisis debit limpasan dan kapasitas saluran eksisting dan menentukan dimensi saluran drainase terbuka yang optimal berdasarkan perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rancangan pada area terdampak amblesan.

## METODE

### Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif, yaitu menggambarkan kondisi lapangan secara faktual dan melakukan analisis numerik untuk menentukan kapasitas hidrolis saluran. Proses perhitungan mengikuti standar teknis hidrologi dan hidrolika yang berlaku di Indonesia seperti SNI 03-3424, SNI 2415:2016, dan pedoman drainase Kementerian PUPR.

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada jalur kereta api di Km 206+100 – Km 206+560 Emplasemen Gilas Divre IV Tanjungkarang, yaitu kawasan yang mengalami amblesan dan diduga terkait dengan ketidakefisienan sistem drainase.



Gambar 1. Lokasi Penelitian KM 206+100 – 206+560

### Jenis dan Sumber Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian terdiri atas

#### a. Data Primer

Adapun metode pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi data primer yang diperoleh melalui dokumentasi lapangan berupa foto dan catatan kondisi aktual sebagai bahan pendukung analisis, serta pengukuran kondisi eksisting saluran drainase yang diambil dari hasil survei pendahuluan, mencakup elevasi tanah dan panjang saluran yang ada.

#### b. Data Sekunder

Penelitian ini memanfaatkan data curah hujan maksimum bulanan yang diperoleh dari stasiun BMKG Sumatera Selatan untuk periode 2013–2022 sebagai dasar analisis hidrologi. Selain itu, penentuan masa ulang hujan mengacu pada Peraturan Dinas Perkeretaapian Indonesia No. 10, di

manap periode ulang ditetapkan berdasarkan kelas jalan rel pada lokasi penelitian sehingga sesuai dengan standar perencanaan konstruksi jalan rel.

Tabel 1. Penentuan Masa Ulang Hujan

Kelas Jalan Rel	Fasilitas Pematusan wajar (%) (Tahun)	Fasilitas Pematusan Lebih Penting (Tahun)
1	15	25
2	10	15
3	7	10
4	3	5
5	3	5

Sumber : Peraturan Dinas No.10, PJKA,1986

## Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan debit limpasan rencana ( $Q$ ) dengan menghitung curah hujan rencana menggunakan beberapa distribusi statistik seperti Normal, Log-Normal, Gumbel, dan *Log Pearson Type III*. Setiap distribusi diuji menggunakan metode goodness of fit Kolmogorov-Smirnov dan *Chi-Square* untuk memperoleh distribusi yang paling sesuai. Distribusi terbaik inilah yang digunakan sebagai dasar penentuan intensitas hujan rencana sebelum dihitung lebih lanjut dalam analisis debit limpasan.

Berdasarkan hasil pengujian, metode yang paling tepat dipilih untuk menentukan curah hujan rencana, yang kemudian digunakan sebagai input dalam perhitungan debit banjir rencana. Adapun rumus perhitungan distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$XT = \bar{X} + KT \times S \dots \dots \dots [1]$$

Dimana:

$XT$  = Debit rencana dengan periode ulang  $T$  tahun (mm)

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari data hujan (mm)

$KT$  = Faktor frekuensi lainnya tergantung dari "T" = nilai yang didapatkan dari tabel variasi reduksi Gauss

$S$  = Standar deviasi dari data hujan (mm)

Rumus perhitungan Log Normal sebagai berikut:

$$\log XT = \log \bar{X} + KT \times S \log X \dots \dots \dots [2]$$

Dimana:

$\log XT$  = Nilai Logaritma hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun (mm)

$\log \bar{X}$  = Nilai rata-rata  $= \frac{\sum_{f=1}^n (mm)}{n}$

$S \log X$  = Deviasi Standar  $= \sqrt{\frac{\sum_{f=1}^n (n)(\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}}$

$KT$  = Faktor frekuensi sini lainnya tergantung dari "t", nilai yang didapatkan dari tabel variasi reduksi Gauss.

## Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam adalah:

### a. Total Station



Gambar 2. Total Station

### b. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang lokasi saluran drainase.



Gambar 3. Meteran

## Rumus yang Digunakan

### a. Rumus Perhitungan Gumbel

$$XT = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \cdot Sd \dots \dots \dots [3]$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots [4]$$

Dimana :

$XT$  = Hujan dengan return periode  $T$  (mm)

$\bar{X}$  = Curah hujan maksimum rata-rata

$N$  = Banyak data tahunan

$Sd$  = Standar Deviasi

$Y_n$  = Reduced mean (hubungan dengan banyak data)

$Y_t$  = Reducate variate

$S_n$  = Reduced standar deviation (hubungan dengan banyaknya data,  $n$ )

### b. Rumus Perhitungan Log Pearson III

$$\log XT = \log \bar{X} + KTr \cdot S \log X \dots \dots \dots [5]$$

Dimana:

$\log XT$  = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun (mm)

$\log X$  = Nilai rata-rata  $\log X_i$  (mm)

### c. Perhitungan Debit Limpasan

Rumus metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots [6]$$

Dimana:

$Q$  = Debit limpasan ( $m^3/s$ )

C = koefisien limpasan  
 I = Intensitas hujan (mm/jam)  
 A = luas DAS ( $\text{km}^2$ )

Sedangkan untuk menghitung Intensitas Hujan (I) digunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \chi \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots \dots \dots [7]$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)  
 $t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

#### d. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis kapasitas saluran menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$\mathbf{O} = \mathbf{V} \cdot \mathbf{A}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \dots \dots \dots [8]$$

Dimana:

Q = debit limpasan ( $m^3/s$ )  
 V = kecepatan aliran ( $m/s$ )  
 A = luas penampang saluran ( $m^2$ )  
 R = jari jari hidraulik (m)  
 P = keliling basah saluran (m)  
 S = kemiringan memanjang saluran  
 n = koefisien *manning*

## Analisis Hidrolika

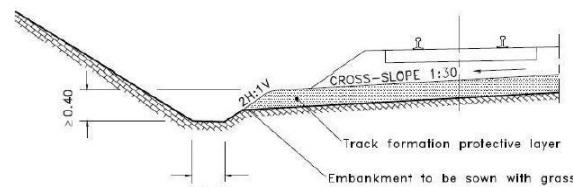
Analisis hidrologi berkaitan dengan pola aliran serta ukuran saluran drainase. Dengan kata lain, setelah menentukan besaran banjir berdasarkan analisis hidrologi, dimensi saluran dapat dirancang untuk memprediksi profil muka air dalam saluran tersebut.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## Kondisi Eksisting Penelitian

Pada lokasi penelitian terdapat lima area aliran, yaitu A1, A2, A3, A4, dan A5 yang seluruhnya berperan sebagai daerah pengumpul limpasan permukaan. Area A1, A2, dan A5 mewakili saluran eksisting yang sudah terbangun, sedangkan area A3 dan A4 mewakili saluran yang perlu didesain ulang. Perhitungan debit dari masing-masing area menunjukkan bahwa apabila saluran tidak memiliki kapasitas yang memadai, limpasan akan meluap dan meningkatkan infiltrasi ke dalam tanah dasar jalur kereta. Kondisi ini memperbesar kejemuhan tanah, menaikkan tekanan air pori, serta menurunkan kuat geser tanah sehingga memicu terjadinya amblesan.

Oleh karena itu, analisis kapasitas saluran baik saluran eksisting maupun saluran rencana menjadi bagian penting dalam memahami penyebab amblesan dan menentukan desain drainase yang mampu mengalirkan debit limpasan secara efektif sehingga dapat mengurangi potensi deformasi dan penurunan tanah di lokasi penelitian.



Gambar 4. Drainase Permukaan

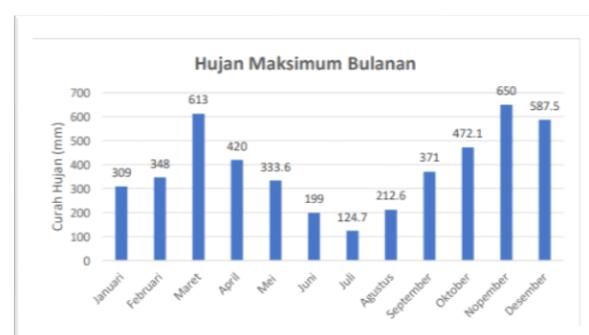
## Analisis Data Hidrologi

Kondisi hidrologi di lokasi penelitian ditinjau dari besarnya curah hujan, luas daerah pengaliran sungai (DPS) serta besarnya debit limpasan yang terjadi disetiap DPS tersebut. Besarnya debit yang terjadi akan menjadi input pada analisis dan desain daluran drainase yang dibutuhkan.

Tabel 2. Data Curah Hujan

Bulan	DATA CURAH HUJAN									Maks Bulanan
	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Januari	309	309	221.6	254.1	228.8	109.1	114.1	235.7	258	309
Februari	333	333	132.2	214.1	263.5	307.4	298.5	181.4	223	348
Maret	613	613	390.5	406.5	452.8	484.5	367.9	251.9	373	613
April	368	368	375.6	307	324.6	349.5	396.5	127.6	331	420
Mei	119	119	177.9	207.1	137.4	166.9	264.7	144.8	168	33.6
Juni	150	150	170.2	186.5	172.7	119.8	133	60	131	199
Juli	86	86	21.4	82.2	43.4	96	73.4	124.7	113	124.7
Agustus	154	154	21.2	55.9	95.3	0.5	48.6	116.1	73	212.6
September	282	282	5.3	90.1	77.9	14.9	136.3	229	196	371
Oktober	191	191	0.2	280.9	214.8	75.9	251.1	118.1	308	472.1
November	281	281	193.4	268.2	310.1	67.7	333.6	421.4	346	650
Desember	494	494	323	331.8	211.5	242.2	228	587.5	587	587.5
Hujan Maksimum Tabungan	613	613	390.5	406.5	452.8	484.6	396.5	587.5	587	

Sumber: BMKG Sumatera Selatan



Gambar 5. Hujan Maksimum Bulanan

Sumber: BMKG Sumatera Selatan

## Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Setelah mengumpulkan data curah hujan maksimum tahunan, dilakukan perhitungan curah hujan rencana menggunakan empat metode, yaitu Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Tingkat kesesuaian masing-masing metode

kemudian dievaluasi melalui uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Hasil pengujian ini menentukan metode yang paling sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit banjir rencana.

Tabel 3. Perhitungan Metode Log Normal

No	Tahun	X (mm)	Log Xi	(Log Xi – Log $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	2013	613	2.787	0,007
2	2014	613	2.787	0,007
3	2015	390,5	2.592	0,012
4	2016	2.674	2.674	0,001
5	2017	406,5	2.656	0,002
6	2018	452,8	2.656	0,002
7	2019	484,6	2.685	0,000
8	2020	396,5	2.598	0,011
9	2021	587,5	2.769	0,005
10	2022	587	2.769	0,005
		Log $\bar{X}$	2.701	0,086

Menghitung nilai Standar Deviasi:

$$Slog X = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \bar{\log X})^2}{n-1} \right)^{0.5}$$

$$Slog X = \left( \frac{0.086}{14-1} \right)^{0.5} = 0.081$$

Menghitung nilai  $X_T$ :

$$\log X_T = \bar{\log X} + K_T \times Slog X$$

$$\log X_T = 2.701 + 0 \times 0.081 = 2.701$$

$$X_T = 502.73 \text{ mm}$$

Menghitung nilai  $X_T$ :

$$\log X_T = \bar{\log X} + K_T \times Slog X$$

$$\log X_T = 2.701 + 0 \times 0.081 = 2.701$$

$$X_T = 502.73 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diambil metode Log Normal sebagai input hasil analisis. Hal tersebut diambil berdasarkan uji statistik.

### Masa Ulang Hujan

Menurut Peraturan Dinas Perkeretaapian Indonesia No. 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, pemilihan periode ulang hujan ditentukan berdasarkan kelas jalan rel di lokasi pekerjaan. Berdasarkan klasifikasi tersebut, jalur rel pada lokasi penelitian termasuk dalam Kelas Jalan Rel 1, sehingga secara teoritis memerlukan periode ulang hujan 25 tahun sebagai dasar perencanaan. Namun, dengan mempertimbangkan aspek efektivitas, efisiensi desain, serta kondisi eksisting drainase di

lapangan, maka perencanaan saluran pada penelitian ini menggunakan hujan desain dengan periode ulang 2 tahun, yang dinilai telah memadai untuk memenuhi kebutuhan kapasitas drainase di area penelitian.

### Debit Limpasan

Perhitungan Perhitungan debit limpasan dilakukan pada setiap Daerah Pengaliran Sungai (DPS) menggunakan Metode Rasional. Dalam metode ini, variabel independen yang digunakan meliputi koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I) dalam mm/jam, dan luas DPS (A) dalam km<sup>2</sup>, sementara variabel dependennya adalah debit limpasan (Q). Nilai intensitas hujan dan luas DPS diperoleh dari hasil analisis hidrologi pada subbab sebelumnya. Adapun nilai koefisien limpasan (C) untuk wilayah perbukitan pada lokasi penelitian ditetapkan sebesar 0,4 berdasarkan referensi standar koefisien limpasan.

Tabel 4. Nilai C (koefisien limpasan)

No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1.	Lereng	
	-tanah berbutir halus	0.40 -0.65
	-tanah berbutir kasar	0.10-0.30
	-tanah batuan keras (hardrock)	0.70 -0.85
2.	-tanah batuan lunak (softrock)	0.50 - 0.75
	Turl	
	-Diselimuti tanah berpasir	
	-Kemiringan 0,2 %	0.05 – 0.10
3.	-Kemiringan 2-7%	0.10-0.15
	- Kemiringan >7%	0.15 – 0.20
	Daerah Perbukitan	0.30 – 0.50
4.	Daerah Pegunungan	0.50 – 0.70
5.	Sawah dan genangan air	0.70 – 0.80
6.	Padang Olahan	0.10 -0.30

### Metode Rasional & Perhitungan Debit Limpasan

Rumus rasional sebagai berikut:

Perhitungan debit limpasan pada setiap Daerah Pengaliran Sungai (DPS) dilakukan menggunakan Metode Rasional, yang secara luas digunakan untuk memperkirakan debit puncak pada DAS berukuran kecil hingga menengah. Metode ini mengasumsikan bahwa debit limpasan (Q) dipengaruhi oleh tiga variabel utama, yaitu koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah aliran sungai (A). Dalam konteks penelitian ini, C, I, dan A dianggap sebagai variabel independen, sedangkan Q merupakan variabel dependen.

Langkah pertama adalah menghitung Waktu Konsentrasi (Tc) dengan rumus :

$$Tc = \frac{(0.87 \times L^2)}{(100 \times S)}^{0.385} \quad \dots \dots \dots [9]$$

Dimana:

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (m)

S = Kemiringan rata – rata lintasan air

$$I = \frac{R24}{24} \times \left( \frac{24}{Tc} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{510.86}{24} \times \left( \frac{24}{0.016} \right)^{\frac{2}{3}} = 2759.09 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Nilai } I = 2759.09 \text{ mm/jam}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Tc = waktu konsentrasi (jam)

Perhitungan debit limpasan permukaan dilakukan menggunakan persamaan rasional, yaitu  $Q = 0,278 \times C \times I \times A$ . Koefisien aliran permukaan (C) ditetapkan sebesar 0,4 sesuai karakteristik lahan yang memiliki kemampuan infiltrasi sedang. Intensitas hujan (I) yang digunakan adalah 2759,09 mm/jam, diperoleh dari analisis hidrologi pada periode ulang tertentu. Luas daerah aliran (A) sebesar 0,0079 km<sup>2</sup> dihitung dari batas catchment area pada lokasi penelitian. Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut, diperoleh debit limpasan sebesar 2,43 m<sup>3</sup>/s. Nilai ini menggambarkan besarnya aliran permukaan yang harus ditangani oleh sistem drainase agar tidak menyebabkan genangan maupun potensi amblesan pada area sekitar.

Tabel 5. Perhitungan Debit Limpasan

Area	A1	A2	A3	A4	A5
(A)(Km <sup>2</sup> )	0.007938	0.004730	0.003200	0.001589	0.000456
(C)	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
(L)(m)	47	64	44	44	2
(S)	0.085	0.094	0.045	0.045	0.050
(Tc)(jam)	0.016	0.20	0.020	0.020	0.002
R2 (mm)	510.587	510.5858	510.857	510.857	510.857
(I) (mm/jam)	2759.090	1685.248	1696.300	1696.300	8496.444
(Q)(m <sup>3</sup> /s)	2.435	0.886	0.604	0.300	0.434

### Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Pada tahap ini, dilakukan analisis kapasitas saluran yang telah dibangun serta perhitungan dimensi untuk saluran yang direncanakan.

Untuk menghitung kapasitas saluran yang sudah terbangun digunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$Q = V \cdot A$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1}{n}, R^{\frac{2}{3}}, S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots [10]$$

Dimana:

Q = Debit limpasan (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

R = Jari – jari hidraulik (m)

P = Keliling basah saluran (m)

S = Kemiringan memanjang saluran

n = koefisien manning

Koefisien manning dapat dilihat dari:

Tabel 6. Koefisien Manning

Tipe Pematusan	Permukaan saluran	Koefisien Kekasaran
Tidak diperkuat	Tanah	0.02 – 0.025
	Pasir dan kerikil	0.25 -0.04
	Cadas	0.025-0.035
Dibuat ditempat	Plesteran semen	0.01 -0.013
	Beton	0.013 – 0.018
	“Rubble wet mortar masonry”	0.015 -0.03
Pracetak	“Pipa beton bertulang sentrifugal”	0.01 – 0.014
	Pipa beton	0.012 – 0.016
	Pipa baja gelombang	0.016 - 0.025

Perhitungan kapasitas saluran dilakukan menggunakan Persamaan Manning dengan penampang trapezium. Parameter hidraulik yang ditentukan meliputi luas penampang basah (A), keliling basah (P), jari-jari hidraulik (R), dan kecepatan aliran (V). Nilai-nilai tersebut dihitung berdasarkan geometri saluran, yaitu lebar dasar (B), tinggi aliran (h), serta kemiringan dinding saluran (m). Seluruh parameter hidraulik kemudian diintegrasikan ke dalam persamaan untuk memperoleh kapasitas debit (Q).

Bentuk penampang trapezium dipilih karena stabil secara struktur dan sesuai untuk kondisi lapangan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas saluran yang direncanakan telah memenuhi kebutuhan debit rencana pada lokasi penelitian.

Kemudian dimasukan seluruh nilai yang diketahui kedalam rumus tersebut.

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{(B + mh)h}{B + 2h(m^2 + 1)^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot (B + mh)h$$

$$Q = \frac{1}{0.01} \cdot \left( \frac{(0.6 + 0.12 * 0.7)0.7}{0.6 + 2 * 0.7(0.12^2 + 1)^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0.01^{\frac{1}{2}} \cdot (0.6 + 0.12 * 0.7)0.7 = 2.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan dimensi gorong-gorong yang direncanakan, diperoleh luas penampang basah dan keliling basah tertentu yang kemudian digunakan dalam perhitungan debit. Dengan memasukkan tinggi aliran sebesar 0,7 m, faktor tambahan 0,12, serta parameter penampang lainnya, nilai debit rencana yang dihasilkan adalah sekitar 2,6 meter kubik per detik. Nilai ini menunjukkan bahwa gorong-gorong yang direncanakan mampu menyalurkan aliran dengan kapasitas 2,6 m<sup>3</sup>/s sehingga masih memenuhi kebutuhan hidrolik pada lokasi studi.

Tabel 7. perhitungan Gorong-gorong

$\theta$	257.96
R (m)	0.05
1 rad	57.32
N	0.01
P (m)	25.91
S	0.02
Dimensi saluran Q (m <sup>3</sup> /s)	2.5002409
V (m/s)	1.9234924
A(m <sup>2</sup> )	1.299844
D	0.2 m
D	0.16 m

Dimensi yang dibutuhkan untuk menampung debit limpasan di lokasi adalah 0.2 m. Sedangkan dimensi yang terpasang di lapangan adalah 1 m dengan kapasitas saluran 180 m<sup>3</sup>/s, sehingga dapat dikatakan sudah memenuhi kebutuhan.

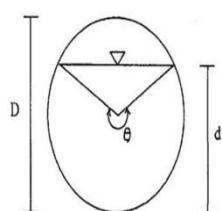
### Perencanaan Saluran Terbuka

Tipe saluran yang direncanakan sama seperti saluran yang sudah terbangun dengan pertimbangan mudah dalam penggerjaan dan mendapatkan material saluran, yaitu saluran trapesium dengan material pasangan batu kali dan lining dasar saluran dengan beton. Rencana design saluran seperti Gambar 6. dibawah ini.

Tabel 8. Ukuran Rencana *Design* Saluran

	Saluran	Panjang (m)
1	A1	62.8 m
2	A2	163.8 m
3	A3	20.6 m
4	A4	126.4 m
5	A5	71.2 m

Perhitungan kapasitas saluran area A3 dengan menggunakan rumus manning.



Gambar 6. Sketsa saluran terbuka dan pipa HDPE

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{(B + mh)h}{B + 2h(m^2 + 1)^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot (B + mh)h$$

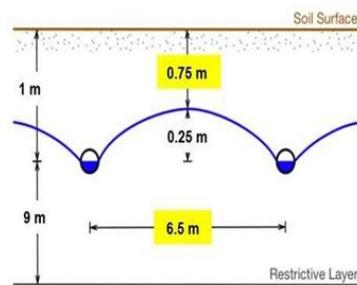
$$0.754 = \frac{1}{0.01} \cdot \left( \frac{(0.6 + 1h)h}{0.6 + 2h(1^2 + 1)^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0.01^{\frac{1}{2}} \cdot (0.6 + 1h)h$$

Kemudian dihitung nilai h dengan cara *trial & error* atau dengan bantuan *tools Goal Seek* pada *Microsoft Excel* sampai dengan didapat nilai diruas kanan sama dengan nilai di ruas kiri. Dari hasil hitungan didapat nilai h = 0.5 m, kemudian tinggi saluran harus ditambah dengan ambang bebas (W), tinggi ambang bebas ditambah 15 cm atau menyesuaikan secara hidrolik sehingga tinggi saluran menjadi = 0.6 m. Untuk saluran yang menampung debit limpasan pada area A4 digunakan dimensi saluran rencana yang sama dengan saluran penampang pada area A3 yaitu B = 0.4 m dan h = 0.6 m.

### 1. Desain Pengendalian Elevasi Muka Air Tanah

Pada lokasi KM 206+100 s.d 206+560 terdapat indikasi elevasi muka air tanah yang tinggi, dari hasil analisis kondisi eksisting didapat bahwa elevasi muka air tanah mempengaruhi kestabilan lereng akan tetapi tidak signifikan. Untuk mengantisipasi kondisi yang berbahaya maka elevasi muka air tanah tetap harus dikendalikan, salah satu upaya pengendaliannya adalah dengan membuat kombinasi saluran bawah tanah (sub surface drainage) dan vertical drain.

Berikut adalah hasil perhitungan dimensi pipa dan jarak pipa untuk pengendalian muka air tanah di KM 206+1/2.



Gambar 9. jarak pipa drain dan saluran bawah

### 2. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran Bawah

Luas daerah aliran air tanah (A) pada penelitian dipersyaratkan pada PD 10 yaitu 0.75 meter. Dengan ini diasumsikan sebesar 0,001 km<sup>2</sup> atau 1.000 m<sup>2</sup>. Asumsi asumsi demikian diharapkan saat terjadinya fluktuasi air ini digunakan karena tidak tersedianya data detail tanah yang ekstrim, level muka air tanah tetap bisa mengenai kondisi sebaran air bawah tanah pada lokasi dikendalikan sesuai dengan standar yang diinginkan. penelitian. Intensitas hujan (I) yang digunakan Sehingga nilai tinggi muka air dari pipa subdrain (h) merupakan intensitas untuk kala ulang 25 tahun, yaitu adalah hasil W – H yaitu 1 meter. Nilai jarak lapisan sebesar 19,4948 mm/jam, yang diperoleh dari hasil tanah dan as pipa subdrain (D) didapat dari hasil analisis hidrologi.

Nilai koefisien aliran (C) ditetapkan sebesar 0,5, y berdasarkan data sondir dikurangi dengan kedalaman ang menggambarkan karakteristik permukaan lahan pipa (W) sehingga D= Y- W = 18- 2 = 16 meter. Nilai dalam mengalirkan air hujan menjadi limpasan. kedalaman ekivalen lapisan dibawah level drainase (d) Berdasarkan parameter tersebut, debit limpasan yang merupakan fungsi dari L merupakan nilai yang permukaan (Q) yang dihitung adalah sebesar 0,00271 ditentukan sebesar 0.7 m. Dari data yang sudah diketahui m<sup>3</sup>/s. Sementara itu, kecepatan aliran rata-rata (q) diatas kemudian dilakukan perhitungan jarak pipa diperoleh sebesar 0,0000027 m/s, yang menunjukkan subdrain (L), sebagai berikut:

rendahnya kecepatan aliran akibat skala daerah tangkapan yang kecil serta kondisi lahan yang relatif menyerap air.

L = Spasi pipa (m)

W = Kedalaman pipa (m)

H= Ketinggian elevasi muka air tanah yang dipertahankan (m)

h = Kedalaman Muka air tanah dari as Pipa(m)

D = Kedalaman tanah impermeable (m)

d = Kedalaman Ekivalen lapisan dibawah level drainase (m), fungsi dari L

K = Konduktivitas Hidrolik Jenuh (m/s)

q = Kecepatan debit rata – rata (m/s)

Ditentukan nilai K berdasarkan kelas permeabilitas pada tabel dibawah:

Tabel 9. kelas permeabilitas

Keterangan	Laju permeabilitas cm/jam	Simbol angka
Sangat lambat	<0.13	1
Lambat	0.13-0.15	2
Agak lambat	0.51-2.00	3
Sedang	2.00-6.35	4
Agak cepat	6.35-12.70	5
Cepat	12.70-25.40	6
Sangat cepat	>25.40	7

Diasumsikan nilai K dengan laju permeabilitas sangat cepat yaitu 25 cm/jam atau 0.0000706 m/s. pengambilan asumsi laju permeabilitas sangat cepat bertujuan agar desain sub drain dapat secara cepat mengalirkan dan menurunkan muka air tanah disaat hujan turun. Untuk nilai kedalaman pipa subdrain (W) diambil 2 meter. Dengan kedalaman 2 meter juga akan menjadikan fungsi subdrain sebagai vertical drain. Sehingga diharapkan dapat mengalihkan aliran air bawah tanah dari lereng dan dari arah bawah atau yang terindikasi ada mata air. Tinggi muka air yang dipertahankan (H) adalah 1 meter dibawah tanah asli. Nilai ini diambil sebagai pengamanan atau penambahan jarak aman dari tinggi muka air tanah yang

$$L^2 = \frac{8Kdh + 4Kh^2}{q}$$

$$l^2 = \frac{8.00000706.0.7.1 + 4.0.0000706.1^2}{0.00000841}$$

$$l^2 = 32 \text{ m}^2$$

$$l = 5.6 \text{ m} - 6 \text{ m}$$

Dari hasil hitungan didapat bahwa pipa untuk sub surface drainage dipasang pada kedalaman 2 meter atau 16 meter diatas lapisan tanah keras. Kemudian jarak antara pipa (L) adalah  $\leq 8$  m. Dengan konfigurasi tersebut dapat menurunkan muka air tanah (water table)  $\pm 1$  meter dibawah muka tanah asli. Jika pipa dipasang dengan jarak yang semakin dekat ( $L < 8$  meter), maka muka air tanah dapat diturunkan lebih dalam lagi ( $H > 1$  meter). Akan tetapi sebaliknya jika pipa dipasang dengan jarak lebih dari 8 meter ( $L > 8$  meter), muka air tanah dapat diturunkan kurang dari 1 meter ( $H < 1$  m). Untuk perhitungan diameter pipa digunakan rumus manning untuk saluran lingkaran. Dengan uraian dibawah ini:

$$Q = V \cdot A$$

$$R = \frac{1}{4} D$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Digunakan saluran bentuk lingkaran (pipa)

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Dimana:

A = luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

R = Jari – jari hidrauls (m)

B = Lebar saluran (m)

D = diameter pipa (m)

$$h = \text{tinggi saluran (m)}$$
$$Q = V.A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{4}D\right)^2 \cdot S \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$0.0084 = \frac{1}{0.009} \cdot \left(\frac{1}{4}D\right)^2 \cdot 0.001 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \pi D^2$$

Kemudian dihitung nilai D dengan cara trial & error atau dengan bantuan tools Goal Seek pada Microsoft Excel sampai dengan didapat nilai diruas kanan sama dengan nilai di ruas kiri. Dari hasil hitungan didapat nilai D = 0.318 m atau 13 inch, menyesuaikan dengan ukuran pipa yang ada dipasaran maka bisa dipakai pipa HDPE dengan Diamater 14 Inch. Saluran terbuka dan pipa HDPE

Dari hasil perhitungan didapat hasil akhir seperti:

Tabel 10. Hasil Akhir

Nama Saluran	Kapasitas Saluran	Keterangan
A1	2.5 m <sup>3</sup> /s	Memenuhi
A2	180 m <sup>3</sup> /s	Memenuhi
A3	Dimensi saluran B=0.4 m H=0.6 m	Memenuhi
A4	Dimensi saluran B=0.4 m H=0.6 m	Memenuhi

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di lokasi amblesan jalur kereta api di km 206+100 – km 206+560 emplasemen gilas divre iv tanjung karang, dapat disimpulkan sebagai berikut: 1. Kapasitas saluran terbuka yang baru dibuat adalah 2.6 m<sup>3</sup> /s sedangkan debit limpasan yang dihasilkan oleh area A1 adalah 2.5 m<sup>3</sup> /s. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa saluran terbuka yang baru dibuat kapasitasnya sudah memenuhi. 2. Dari hasil perhitungan dimensi yang dibutuhkan untuk mengakomodir debit limpasan di lokasi adalah 0.2 m, sedangkan dimensi yang terpasang di lapangan adalah 1 m dengan kapasitas saluran 180 m<sup>3</sup> /s,

## REFERENSI

- Hasmar, H.A. Halim. (2012). Drainase Terapan. UII Press.
- Wesli. (2008). Drainase Perkotaan. Graha Ilmu.
- Basuki, I. W., & Adhyani, N. L. (2009). Analisis periode ulang hujan maksimum dengan berbagai metode. Jurnal IPB, 23(2). <https://journal.ipb.ac.id/index.php/agromet/article/download/3512/2405/>
- Hasmar, H. A. H. (2012). Drainase terapan. UII Press.
- Karim, A. A. (2020). Normalisasi Batang Jirak pada DAS Batang Arau Kota Padang (Skripsi Sarjana, Universitas Bung Hatta). <http://repo.bunghatta.ac.id/2008/>
- Muliantara, A., et al. (2015). Analisis keselamatan jalan akibat genangan air dan aquaplaning. Jurnal Transportasi, 17(2), 101–110.
- Perusahaan Jawatan Kereta Api. (1986). Perencanaan konstruksi jalan rel (Peraturan Dinas No. 10).
- Salim, N. (2014). Evaluasi drainase kawasan pada areal stasiun kereta api Jember. Jurnal Ilmiah, 4(19). <http://repository.unmuhammadiyah.ac.id/1146/1/0.%20Evaluasi%20Drainase%20Kawasan%20Opada%20%20Area%20Stasiun%20Kereta%20Api%20Jember.pdf>
- Saputro, W. A. (2022). Penanganan amblesan jalan kereta api pada Km. 112+000–Km. 114+000 antara Cempaka–Ketapang lintas Tarahan–Tanjung Enim. Jurnal Profesi Insinyur, 3(2). <https://jpi.eng.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/82/43>
- Siregar, A. M. (2021). Studi penanganan amblesan jalan kereta api di Km. 467+000–Km. 467+500 antara Bungamas–Sukaraja lintas Lahat–Lubuk Linggau. Jurnal Profesi Insinyur. [http://repository.lppm.unila.ac.id/36325/1/SN\\_IP\\_Amril\\_Oke.pdf](http://repository.lppm.unila.ac.id/36325/1/SN_IP_Amril_Oke.pdf)
- Syarifudin, A. (2023). Sistem drainase perkotaan berwawasan lingkungan. Bening Media Publishing.
- Wesli. (2008). Drainase perkotaan. Graha Ilmu.
- Wibowo, S., & Saputro, A. (2022). Karakteristik tanah lempung terhadap kestabilan jalur rel kereta api. Jurnal Geologi dan Infrastruktur, 5(2), 77–86.