



PENANGANAN AMBLESAN JALAN KERETA API PADA KM. 112+000 - KM. 114+000 ANTARA CEMPAKA - KETAPANG LINTAS TARAHAHAN – TANJUNG ENIM

Wibowo Adi Saputro ^{a,*}, Aleksander Purba ^b dan Gigih Forda Nama ^b

^aAnalisis Teknik Jalur dan Bangunan Kereta Api, Balai Teknik Perkeretaapian Kelas II Wilayah Sumatera Bagian Selatan, Jl. Noerdin Pandji Jakabaring Selatan Kel. Jakabaring Kec. Rambutan Kab. Banyuasin, 30967

^bProgram Studi Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng Kota Bandar Lampung, 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima: 2 Juli – 20 Agustus 2022

Direvisi: 12 – 15 September 2022

Diterbitkan: 24 Desember 2022

Kata kunci:

Amblesan
Normalisasi badan jalan KA
Perbaikan Lengkung
Perbaikan sistem drainase
Perkuatan lereng

Permasalahan amblesan jalan kereta api di beberapa lokasi terjadi akibat perubahan kondisi lingkungan dan geometrik jalan rel. Minimnya kegiatan operasi dan perawatan menjadi salah satu penyebab terjadi penurunan kondisi badan jalan kereta api. Salah satu lokasi yang mengalami kejadian amblesan berada pada Km 112+000 sd Km 114+000 antara Cempaka - Ketapang lintas Tarahan – Tanjung Enim. Hasil tinjauan lokasi menunjukkan telah terjadi perubahan profil badan jalan KA yaitu, badan jalan KA yang tergerus air hujan, bantalan rusak, saluran drainase yang kurang berfungsi, dan adanya genangan air di bawah ballast (*mud pumping*). Hasil kajian dan analisis data menunjukkan dibutuhkan kegiatan normalisasi badan jalan KA terutama pada daerah timbunan sesuai dengan kriteria dan standar yang berlaku. Selain itu, perbaikan radius lengkung di sepanjang jalur dengan melakukan pergeseran track diperoleh nilai geseran maksimum sebesar 7,033 m pada KM. 113+200. Perbaikan sistem drainase sepanjang 750 m dilakukan dengan mengganti bentuk dimensi saluran drainase eksisting menjadi drainase beton U ditch 30 cm dengan kapasitas debit 0,205 m³/dk dan perbaikan kemiringan dasar saluran menjadi 0,03 diharapkan dapat menampung volume debit banjir kala ulang 5 tahun sebesar 0,112 m³/dk. Perkuatan lereng badan jalan KA juga dikaji dengan pembuatan tembok penahan tanah merupakan beton mutu K 250. Tembok penahan tanah ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu bagian kaki tembok dan dinding yang disatukan secara monolit. Hasil perhitungan menunjukkan angka keamanan struktur yaitu sebesar 1,363. Nilai tersebut lebih besar dari nilai keamanan yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5 sehingga dapat disimpulkan struktur aman terhadap bahaya guling.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kereta Api merupakan salah satu moda transportasi darat yang termasuk dalam golongan instrumen transportasi yang efektif dan efisien. Dengan demikian peningkatan sarana dan prasarana merupakan kunci utama keberhasilan sebuah sistem transportasi. Jalur track kereta api Sumatera Selatan merupakan jalur track utama dan menjadi andalan untuk angkutan Batu Bara, Bahan Bakar Minyak, Pulp, dan angkutan Penumpang.

Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam penyelenggaraan angkutan kereta api yaitu terjadinya penurunan kualitas prasarana jalan rel. Salah satu lokasi yang diidentifikasi mengalami permasalahan tersebut adalah pada Km. 112+000 – Km. 114+000 Antara Cempaka - Ketapang lintas Tarahan –

Tanjung Enim. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa penyebab terjadinya amblesan di lokasi tersebut diindikasikan terjadi akibat perubahan profil badan jalan KA akibat tergerus air hujan, terjadinya longsoran pada tebing galian, kerusakan bantalan akibat adanya penurunan kualitas kekuatan tanah dasar. Pada dasarnya penurunan sebuah struktur badan jalan KA dipengaruhi oleh pergerakan tanah yang menjadi pondasi utama badan jalan, dengan indikasi sebagai berikut, pertama lokasi yang mengalami penurunan sebagian besar berada pada daerah galian atau pada daerah yang sistem drainasenya buruk. Kedua, penurunan kemungkinan disebabkan kondisi daya dukung tanah yang lemah akibat drainase yang tidak berjalan dengan baik sehingga mudah bergeser jika dibebani, dan ketiga kemungkinan lain adalah kondisi struktur tanah bagian bawah jalan kereta api merupakan yang kurang memiliki kekuatan untuk

*Penulis korespondensi.

E-mail: wibowo@gmail.com

memikul beban. Bila hal ini dibiarkan secara terus – menerus mengalami penurunan (Ananda, 2022) sehingga dikhawatirkan membahayakan perjalanan Kereta Api

1.2. Identifikasi masalah dan tujuan penelitian

Penurunan daya dukung badan jalan KA didominasi oleh penurunan daya dukung tanah yang menjadi komponen utama struktur badan jalan KA terutama pada saat kondisi musim penghujan. Jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi, maka air hujan membasahi badan jalan KA dan menembus balas, sub balas, hingga masuk ke dalam tanah. Jika kondisi tanah dasar terus digenangi air tanpa adanya pematasan yang baik akan menimbulkan penurunan daya dukung tanah yang diakibatkan peningkatan kadar air dalam tanah. Akibatnya pada tanah dasar menyebabkan terjadinya air terkekang di dalam tanah dan jika dilintasi oleh kereta api maka akan menyebabkan terjadinya (pemompaan Lumpur/partikel halus) sebagai akibat dari penumpukan air yang ada di kantong balas.

Permasalahan sistem drainase pada badan jalan KA juga mengakibatkan terjadinya longsor pada tebing sungai dan terjadinya sedimentasi saluran drainase. Gerusan tebing yang membawa material ke dasar lereng akan menutup saluran drainase sehingga terjadi pendangkalan. Dengan demikian, diperlukan usaha untuk memperbaiki sistem saluran drainase dan proteksi lereng agar tidak tergerus dan mengakibatkan sedimentasi

2. Tinjauan pustaka

2.1 Struktur Jalan Rel

Struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Secara konstruksi, jalan rel dibagi dalam dua bentuk konstruksi, yaitu :

1. Jalan rel dalam konstruksi timbunan.
2. Jalan rel dalam konstruksi galian.

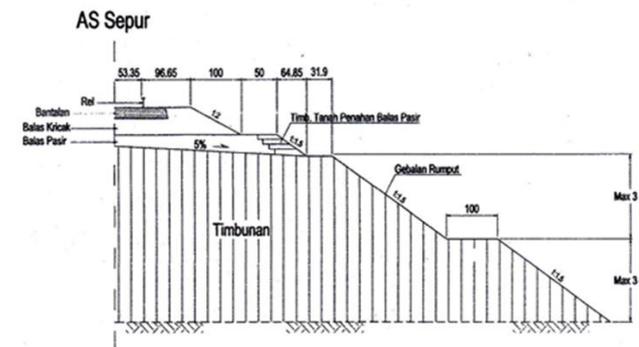
Jalan rel dalam konstruksi timbunan biasanya terdapat pada daerah persawahan atau daerah rawa, sedangkan jalan rel pada konstruksi galian umumnya terdapat pada medan pegunungan.

Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yaitu terdiri dari kumpulan komponen-komponen jalan rel yaitu :

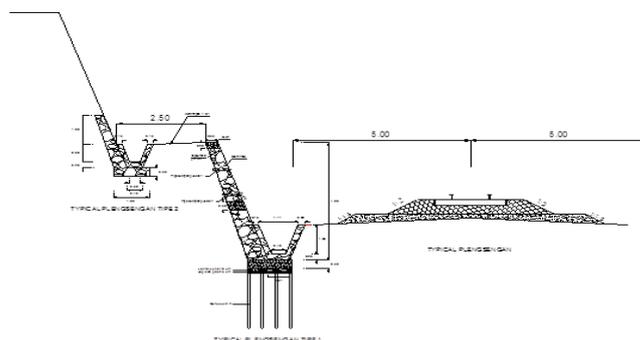
1. Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai superstructure yang terdiri dari komponen-komponen seperti rel (rail), penambat (fastening) dan bantalan (sleeper, tie).
2. Struktur bagian bawah, atau dikenal sebagai substructure, yang terdiri dari komponen balas (ballast), subbalas (subballast), tanah dasar (improve subgrade) dan tanah asli (natural ground).

Tanah dasar merupakan lapisan tanah di dibawah subbalas yang berasal dari tanah asli tempatan atau tanah yang didatangkan (jika kondisi tanah asli kurang baik), dan telah mendapatkan perlakuan pemadatan (compaction) atau diberikan perlakuan khusus (treatment). Pada kondisi tertentu, balas juga dapat disusun dalam dua lapisan, yaitu : balas atas (top ballast) dan balas bawah (bottom ballast).

Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem struktur yang menghimpun komponen - komponennya seperti rel, bantalan, penambat dan lapisan pondasi serta tanah dasar secara terpadu dan disusun dalam sistem konstruksi dan analisis tertentu agar dapat dilalui kereta api secara aman dan nyaman. Gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini menjelaskan bagian-bagian struktur atas dan bawah konstruksi jalan rel dan secara skematik menjelaskan keterpaduan komponen-komponennya dalam suatu sistem struktur



Gambar 1. Tipikal Struktur Halan Rel Pada Daerah Timbunan (sumber PM.60 Tahun 2012)

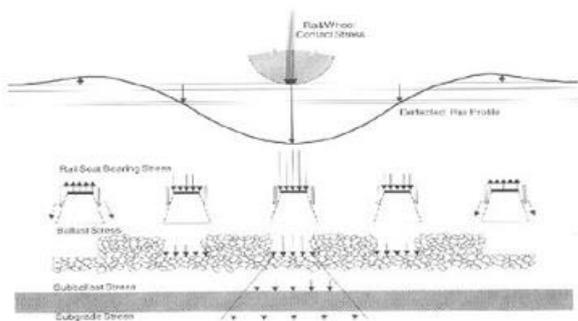


Gambar 2. Tipikal Struktur Halan Rel Pada Daerah Galian

2.2 Pola Distribusi Gaya Pada Struktur Jalan Rel

Pola distribusi gaya vertikal beban kereta api dapat dijelaskan secara umum sebagai berikut :

1. Beban dinamik diantara interaksi roda kereta api dan rel merupakan fungsi dari karakteristik jalur, kendaraan dan kereta, kondisi operasi dan lingkungan. Gaya yang dibebankan pada jalur oleh pergerakan kereta api merupakan kombinasi beban statik dan komponen dinamik yang diberikan kepada beban statik. Beban dinamik diterima oleh rel dimana terjadi tegangan kontak diantara kepala rel dan roda, oleh sebab itu, sangat berpengaruh dalam pemilihan mutu baja rel.
2. Beban ini selanjutnya didistribusikan dari dasar rel ke bantalan dengan perantara pelat andas ataupun alas karet. Beban vertikal dari bantalan akan didistribusikan ke lapisan balas dan subbalas menjadi lebih kecil dan melebar. Pola distribusi beban yang melebar dan menghasilkan tekanan yang lebih kecil yang dapat diterima oleh lapisan tanah dasar. (Satrio, 2020). Prinsip pola distribusi gaya pada struktur rel bertujuan untuk menghasilkan reduksi tekanan kontak yang terjadi diantara rel dan roda ($\pm 6000 \text{ kg/cm}^2$) menjadi tekanan yang sangat kecil pada tanah dasar ($\pm 2 \text{ kg/cm}^2$). Gambar 4.3 di bawah ini menjelaskan pola distribusi beban pada struktur jalan rel.



Gambar 3. Pola Distribusi Pada Struktur Jalan Rel

2.3 Perbaikan Radius Lengkung

Perbaikan radius lengkung dimaksudkan untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan perjalanan kereta api pada saat berada pada daerah tikungan yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal (Amril, 2021). Adapun factor yang menentukan dalam analisis perbaikan lengkung yaitu : radius lengkung, kecepatan rencana, sudut lengkung dan beban gandar maksimal. Tahapan perhitungan perbaikan lengkung adalah sebagai berikut :

2.3.1 Perhitungan Gaya Sentrifugal

Pada track lengkung terjadinya gaya sentrifugal yang bekerja horizontal dimana flens roda akan menekan rel luar. Gaya sentrifugal dihitung dengan menggunakan rumus =

$$K = \frac{AV^2}{127R} \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

- A = beban gandar (ton)
- V = Kecepatan kereta api (km/jam)
- R = Radius Lengkung

2.3.2 Peninggian Rel Luar

Akibat gaya sentrifugal tersebut akan menyebabkan bahaya guling, diperlukan peninggian rel luar sebagai eliminir terhadap gaya tersebut. Menurut PM. No.60 Tahun 2012, peninggian rel luar dihitung dengan menggunakan rumus :

$$H_{normal} = 5,95 \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

- H = Peninggian rel (mm)
- V = Kecepatan kereta api (km/jam)
- R = Radius Lengkung

2.3.3 Perhitungan Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk mengiliminasi perubahan gaya sentrifugal sedemikian rupa sehingga penumpang kereta api tetap terjamin kenyamanannya. Panjang lengkung peralihan juga merupakan fungsi dari perubahan gaya dan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$PLA = 0,01 V.h \dots\dots\dots 3$$

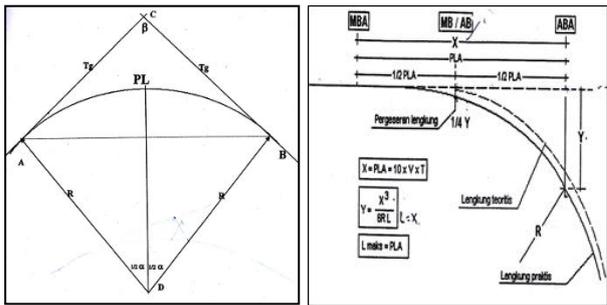
2.3.4 Perhitungan Lengkung Peralihan Horizontal

Lengkung peralihan digambarkan menurut persamaan parabola dengan rumus :

$$y = \frac{x^3}{6LR} \dots\dots\dots 4$$

Dimana :

- Y = Ordinat (m)
- X = garis tangent atau absis (m)
- R = jari – jari lengkung (m)
- L = panjang lengkung peralihan



Gambar 4. Ilustrasi Perhitungan Lengkung

2.4 Pematasan Pada Jalan Rel

Ada 3 (tiga) metode pematasan yang sering dilaksanakan pada struktur jalan kereta api.

1. Pematasan permukaan (Surface Drainage)

Pematasan permukaan merupakan penggunaan sistem drainase yang dipasang pada permukaan tanah, yaitu pada sisi memanjang (*side ditch*) maupun pada sisi melintang badan jalan KA (*cross drainage*). Pada sistem pematasan ini memerlukan data elevasi pada posisi *long section* maupun *cross section* untuk menentukan arah aliran. Bentuk saluran permukaan dapat berupa saluran terbuka, saluran tertutup, dan box culvert dengan bentuk penampang trapezium, lingkaran maupun persegi sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

Ukuran penampang saluran terbuka ditentukan berdasarkan besarnya debit yang terjadi di lokasi yang diteliti. Peristiwa *mud pumping* erat kaitannya dengan buruknya sistem drainase permukaan dimana pada saat terjadi hujan penampang saluran tidak mampu membuang debit hujan atau tidak teralirkan dengan baik. Adapun rumus untuk menentukan dimensi saluran permukaan adalah sebagai berikut :

$$Q_2 > 1,2 Q_1 \dots\dots\dots 5$$

Kemudian

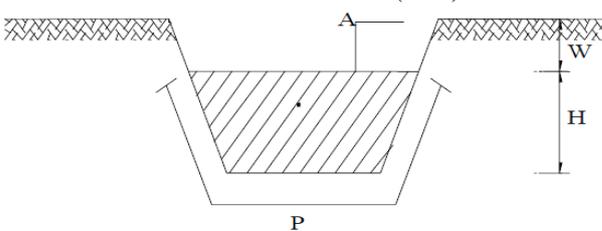
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots 6$$

$$V_2 = 1/n R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots 7$$

$$R = A/P \dots\dots\dots 8$$

Dimana :

- Q₁ = Debit air yang dibuang (m³/dtk)
- Q₂ = Debit air rencana saluran (m³/dtk)
- V₂ = Kecepatan aliran rencana di saluran (m/dtk)
- R₂ = Jari – jari hidrolik saluran rencana (m)
- A₂ = Luas basah saluran (m²)
- P₂ = Keliling basah saluran (m)
- I₂ = Kemiringan dasar saluran
- n = Koefisien kekasaran saluran (tabel)



Gambar 5. Penampang Saluran Terbuka (Sumber : PD. 10)

2. Pematasan bawah permukaan (Sub- Drainage)

Jika drainase permukaan bertujuan mengamankan jalan rel dari gangguan air permukaan maka drainase bawah permukaan bertujuan untuk melindungi jalan rel dari gangguan bawah permukaan atau air tanah. Pada daerah – daerah tertentu memungkinkan muka air tanah berada pada

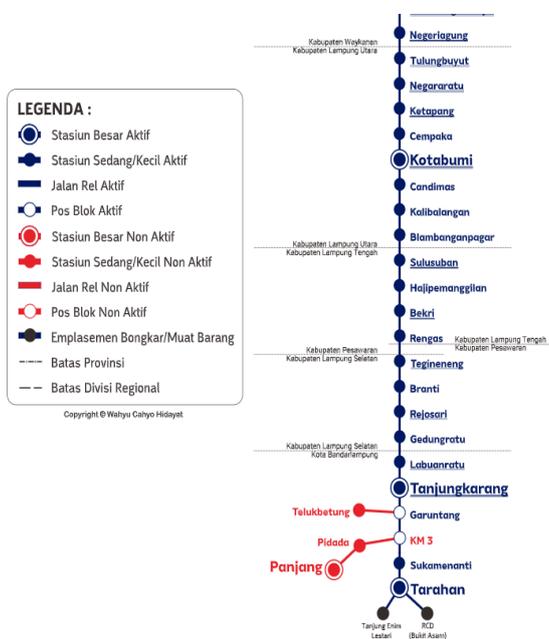
permukaan yang cukup tinggi sehingga akan mengganggu struktur badan jalan KA. (Terzhagi, 1967) Dengan demikian dibutuhkan penanganan khusus dengan membuat drainase bawah permukaan. Konstruksi drainase bawah permukaan pada umumnya berupa pipa – pipa yang berada di bawah permukaan baik di kanan maupun kiri struktur badan jalan KA dan di atasnya dipadatkan dengan lapisan kedap air.

3. Pematuan lereng (*Drainage of Slope*)

Drainase lereng terdiri dari beberapa saluran bertingkat muka dari saluran punggung yang berada pada bagian lereng di bagian atas, saluran tengah dan saluran penangkap yang berada di samping badan jalan KA..

3. Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Kabupaten Lampung Utara Provinsi Lampung Km. tepatnya berada pada Km. 112+000 sampai dengan Km. 113+500 antara Cempaka - Ketapang Lintas Tarahan – Tanjungenim seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 di bawah ini

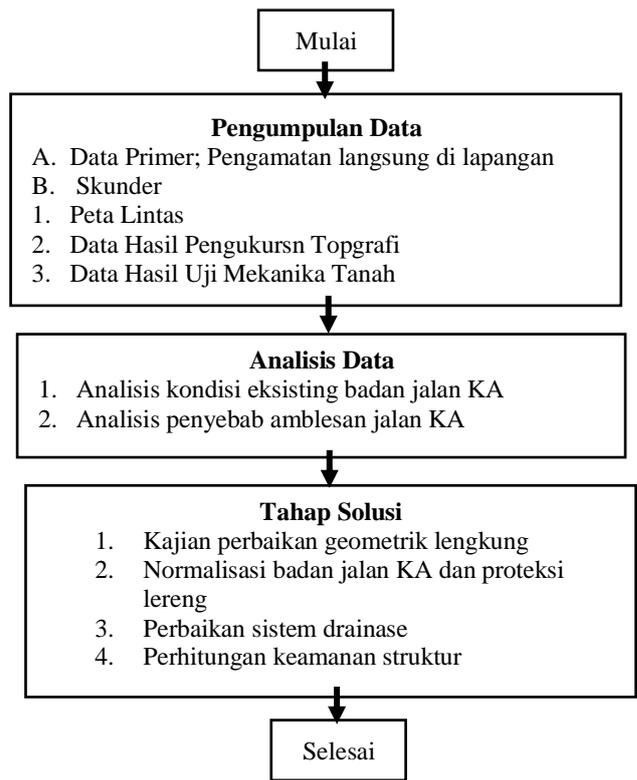


Gambar 6. Peta Lintas KA Tarahan – Negeri Agung (Sumber : PT. KAI Daop IV Tanjung Karang).

Tahapan pelaksanaan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis penyebab terjadinya amblesan pada lokasi penelitian.
2. Analisis upaya perbaikan masalah amblesan di lokasi penelitian melalui :
 - a. Normalisasi Badan Jalan KA
 - b. Perbaikan radius lengkung
 - c. Perbaikan sistem drainase
 - d. Perkuatan badan jalan KA
3. Analisis kekuatan dan kapasitas struktur

Gambar 7 menunjukkan diagram alir penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Umum Permasalahan di Lapangan

Hasil survei dan peninjauan di lapangan menunjukkan kondisi badan jalan KA di Km. 112+000 sd 113+500 menunjukkan bahwa posisi badan jalan KA mayoritas berada di daerah timbunan dimana posisi lereng sebelah kiri dan kanan badan jalan KA sangat curam sehingga batu ballas sering longsor. Sebagian kecil Selain itu, kondisi sistem drainase yang tidak baik sehingga sirkulasi air di tanah badan jalan KA terhambat sehingga saat daya dukung rendah, tanah yang dibebani akan naik ke permukaan akibat tekanan ballas. Dengan demikian, jika tidak ditangani dapat mengurangi daya dukung tanah dasar jalan KA.

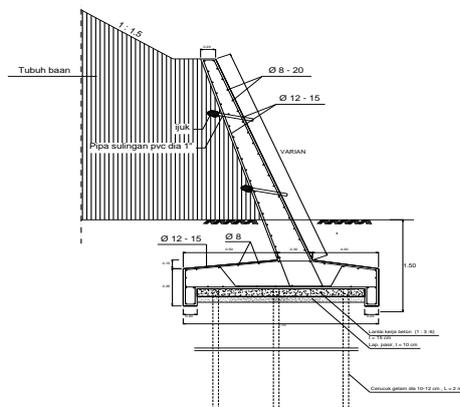


Gambar 8. Longsor Lereng dan Mud Pumping Jalan KA

4.2 Rencana Penanganan Permasalahan

4.2.1 Normalisasi Badan Jalan KA

dengan normalisasi jalan KA, atau dengan membuat trap penahan tebing yang diamankan dengan susunan beton dikombinasikan dengan batu kali dan dengan membuat saluran gendong dan saluran dasar, seperti yang digambarkan pada gambar berikut :



Gambar 11. Desain Dinding Penahan tanah Pada Daerah Timbunan

Bahan pembuatan tembok penahan tanah merupakan beton mutu K 250. Tembok penahan tanah ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu bagian kaki tembok dan dinding yang disatukan secara monolit. Pada bagian dasar pondasi tembok penahan tanah ditambah dengan perkuatan Kayu gelam diameter 10 -12 cm sepanjang 2 m dipancang dengan menggunakan tenaga manual atau tenaga alat berat. Fungsi dari kayu gelam yaitu untuk mencegah terjadinya penurunan pada titik – titik tertentu. Untuk perhitungan stabilitas tembok penahan tanah beton di atas dapat dihitung dengan cara :

- Ø (Sudut geser Tanah) = 16,5
- γ tanah (Berat Jenis Tanah) = 2,38
- γ pas.beton (Berat Jenis Beton) = 2,4
- H (Tinggi Pembebanan Tanah) = 1,5
- Ha (Tinggi Gaya Dorong Aktif) = 0,50
- ka (koefisien tanah aktif) = 0,558
- Gaya Aktif (Ea): $1/2 \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot Ka = 1,493 \text{ kg}$
- Momen Aktif (Ma): $Ea \cdot Ha = 0,747 \text{ kgm}$

Tabel 2. Perhitungan Momen Struktur

No	Berat (kg)	Lengan Terhadap Titik A (m)	Momen Terhadap Titik A (kg m)
1	1,04304	0,69	0,72
2	0,27288	0,27	0,074
3	0,126	0,51	0,064
4	0,072	0,27	0,019
5	0,09	0,92	0,083
6	0,09	0,63	0,284
7	0,096	0,1	0,01
8	0,096	1,15	0,11
	$\Sigma v = 2,24592 \text{ kg}$		$Mp = 1,363 \text{ kg m}$

Hasil hitungan tersebut di atas selanjutnya dianalisis angka keamanannya (SF) = $Mp/Ma = 1,363 / 0,747 = 1,826 > 1,5$. Dengan demikian, bangunan tembok penahan tanah hasil desain aman terhadap bahaya guling.

5. Kesimpulan

Dari hasil kajian lapangan dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadinya amblesan pada jalur KA Km. 112+000 sd Km. 114+000 antara Cempaka - Ketapang disebabkan oleh beberapa hal, yaitu : longsornya lereng pada tebing badan jalan KA yang diakibatkan oleh kondisi geometrik dan sistem drainase yang buruk. Upaya perbaikan yang dapat dilakukan

yaitu melalui normalisasi dimensi badan jalan KA sesuai dengan standart, perbaikan geometrik dengan cara pergeseran track, perbaikan sistem drainase dengan menghitung ulang kapasitas sistem drainase, serta perkuatan tebing badan jalan KA dengan menggunakan retaining Wall.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dibutuhkan pergeseran posisi rel eksisting untuk perbaikan lengkung sepanjang 900 m dengan nilai pergeseran yang bervariasi antara 0,006 m sampai dengan 7,003 m. Untuk perbaikan sistem drainase dilakukan dengan cara mengganti dimensi saluran drainase sepanjang 900 m menjadi saluran beton (U ditch) 30 cm dan menambah kemiringan dasar saluran drainase sebesar 0,03m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas debit saluran rencana 0,205 m3/dtk. Nilai tersebut lebih besar dari besarnya debit banjir rancangan di lokasi studi yaitu 0,112 m3/dtk. Upaya perbaikan lain yang dapat dilakukan yaitu perkuatan tebing badan jalan KA pada lokasi yang akan dinormalisasi. Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi tembok penahan tanah hasil desain mampu menahan besarnya gaya guling yang terjadi akibat beban lalu lintas di atasnya.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Sumatera Bagian Selatan dan PT. KAI Divisi Regional IV Tanjung Karang yang telah membantu dalam memberikan data dan akses kegiatan survei pada penelitian ini.

Daftar pustaka

Ananda, A.R., Nama, G.F. and Mardiana, M., 2022. Pengembangan Sistem Informasi Geografis Pemerintahan Kota Metro Dengan Metode SSADM (Structured System Analysis and Design Method). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 10(1).

Siregar, dkk (2021) Study Penangan Amblesan Jalan Kereta Api di Km. 467+000 – Km. 467+500 Antara Bungamas – Sukaraja Lintas Lahat – Lubuk Linggau, Prodising SNIP 2021, Universitas Lampung

Christady (2003), Mekanika Tanah 2, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Direktorat Jenderal KA, 2012. Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknik Jalur Kereta Api

PT. Kereta Api (Persero) Divisi Regional IV TNK, 2020. Peta Wilayah Operasi DAOP IV, Bandar Lampung

Satrio Tunggal Satoto Jagad, dkk (2020) Penyebab Badan Jalan Nasional Ambles di Provinsi Jawa Barat, *Jurnal HPJI Vol. 6 No. 2*, 151-164

Therzaghi and Peck (1967) *Soil Mechanic and Engineering Practice*, John wiley and sons, Inc, USA.