

# KAJIAN PENGGUNAAN BANTALAN BETON BEKAS JALUR KERETA API SEBAGAI DINDING PENAHAN TANAH PENGGANTI GABION

Dicky Arisikam<sup>1</sup>, Awan Hermawan Purwadinata<sup>2</sup>, Nadia Laila Lathifah<sup>3</sup>  
Direktorat Prasarana<sup>1,2</sup>, Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan<sup>3</sup>  
PT KAI (Persero)<sup>1,2</sup>, Universitas Pendidikan Indonesia<sup>3</sup>  
Jalan Perintis Kemerdekaan No. 1<sup>1,2</sup>, Jl. Dr. Setiabudi No. 229, Isola<sup>3</sup>  
[arisikamdickv@gmail.com](mailto:arisikamdickv@gmail.com)<sup>1</sup>, [AwanHermawan@gmail.com](mailto:AwanHermawan@gmail.com)<sup>2</sup>, [nlailalathifah@gmail.com](mailto:nlailalathifah@gmail.com)<sup>3</sup>

## Abstrak

Pada jalur kereta api tidak jarang terjadi perubahan tata letak maupun ruang guna meningkatkan fungsi dari jalur kereta api tersebut agar berfungsi lebih baik dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa stabilitas timbunan tanah akibat beban yang terjadi jika digunakan bantalan beton bekas sebagai pengganti gabion, juga untuk mengetahui perbandingan faktor keamanan timbunan dengan menggunakan bantalan beton bekas. Perhitungan stabilitas timbunan lereng kereta api memperhatikan tiga model kegagalan lereng, yaitu kegagalan akibat momen guling, gaya geser, dan kapasitas dukung tanah fondasi. Hasil perhitungan stabilitas lereng dan gaya yang terjadi pada perkuatan diverifikasi menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D CE V20 dengan keluaran data berupa angka aman. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh yaitu alternatif perkuatan menggunakan bantalan beton bekas sebagai pengganti gabion memiliki nilai deformasi sebesar 0.1058 m dengan faktor keamanan 1.638. Maka, alternatif tersebut aman terhadap kelongsoran selama masa konstruksi memiliki nilai FK > 1.5 melebihi nilai faktor keamanan minimum.

Kata kunci: Kontruksi Timbunan, stabilitas lereng, Bantalan Beton Bekas, Plaxis

## Abstract

*On the railway track, a change in layout and space can be found oftenly in order to improve the function of the railway to be better and have a high degree of reliability. This research aimed to analyze the slope stability due to the load that occurs when used concrete sleepers instead of gabion, as well as to find out the safety factors of hipping construction using*

*concrete sleepers. The calculation of railway slope stability considers three models of slope failure: failure due to bolsters, shear forces, and soil bearing capacity. The calculation results of slope stability and force that occurs in the reinforcement is verified using Plaxis 2D CE V20 software with the output in the form of safety factors. Based on the results of the research, the alternative reinforcement using used concrete pads as a substitute for gabions has a deformation value of 0.1058 m with a safety factor of 1.638. So, the alternative is safe against landslides during the construction period having an FK value > 1.5 exceeding the minimum safety factor value.*

Keywords: Embankment Construction, Slope stability, Used Concrete Sleepers, Plaxis

## I. PENDAHULUAN

Faktor keselamatan merupakan faktor utama yang menjadi penentu suksesnya bisnis transportasi. Faktor keselamatan ini akan menjadi pertimbangan utama para pengguna jasa transportasi dalam menggunakan dan memilih moda transportasi yang akan digunakannya. Begitu juga dengan kereta api. Salah satu faktor utama yang mendukung core business PT Kereta Api Indonesia (Persero) ialah faktor keselamatan.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa kebutuhan jalan rel semakin meningkat dan beberapa lokasi jalan kereta api sangat mungkin dibangun di atas tanah lempung lunak. Kondisi tanah yang stabil akan membuat konstruksi jalan rel di atasnya juga stabil, sebaliknya kondisi tanah yang labil tentunya akan mempengaruhi kestabilan konstruksi jalan rel dan hal ini tentunya dapat membahayakan perjalanan KA. Permasalahan yang umumnya terjadi di lapangan yaitu terjadi amblasan pada jalur kereta api dimana

terjadi penurunan *ballast* dan tanah sekitar naik ke atas sehingga mengakibatkan jalan rel menjadi labil.

Oleh karena itu perlu adanya stabilisasi dan penguatan terhadap kondisi jalan rel di atas tanah lempung lunak. Penelitian ini akan membahas mengenai alternatif metode perbaikan yang dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan terkait masalah tersebut.

## II. KAJIAN LITERATUR

### II.1 Bahan Penyusun Struktur Rel

Bahan Penyusun Struktur Jalan Rel yang Memberikan Gaya Pada Subgrade :

#### a. Rel

Pembagian kelas jalan rel serta tipe rel adalah sebagai berikut:

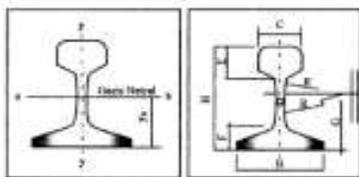
Tabel I. Pembagian kelas jalan rel di Indonesia (PM No. 60 Tahun 2012)

Kelas Jalan Rel	Kapasitas Angkut Lintas ( $\times 10^6$ ton/tahun)	Kecapatan Maksimum (km/jam)	Tipe Rel	Jenis Bantalan/Israk (mm)	Jenis Penambal
I	> 20	120	R.60/R.54	Beton/600	EG
II	10 - 20	110	R.54/R.50	Beton/Kayu/600	EG
III	5 - 10	100	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja/600	EG
IV	2.5 - 5	90	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja/600	EG/ET
V	< 2.5	80	R.42	Kayu/Baja/600	ET

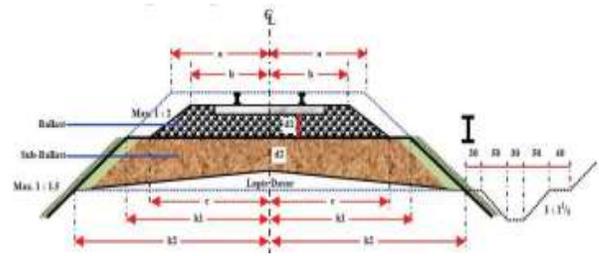
Sementara itu, spesifikasi rel kereta api adalah sebagai berikut :

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R 42	R 50	R 54	R 60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,79	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (cm <sup>2</sup> )	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1369	1960	2346	3056
Y <sub>s</sub> (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95

A = luas penampang  
W = berat rel per meter  
I<sub>x</sub> = momen inersia terhadap sumbu x  
Y<sub>s</sub> = jarak tepi bawah rel ke garis netral



Gambar 1. Spesifikasi rel kereta api di Indonesia (PM No. 60 Tahun 2012)



Gambar 2. Potongan melintang balas (PM No. 60 Tahun 2012)

#### b. Bantalan

Bantalan yang umum digunakan di Indonesia adalah bantalan beton. Jarak bantalan adalah jarak antara titik tengah pada bantalan yang beraturan dan nilai optimal untuk rel standar maupun metrik adalah sebesar 0,6 meter. (Profilidis, 2006).

#### c. Balas

Balas berfungsi sebagai pendistribusi beban dinamis kereta Bentuk dan dimensi potongan melintang lapisan balas adalah seperti pada gambar 3 berikut.

### II.2 Stabilitas

Kestabilan konstruksi timbunan jalan rel erat kaitannya dengan stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dapat menggunakan Metode Irisan. Namun, analisis metode irisan memerlukan iterasi berulang-ulang untuk mendapatkan model kelongsoran sebagai perhitungan angka aman.

Perhitungan stabilitas timbunan lereng kereta api memperhatikan tiga model kegagalan lereng, yaitu kegagalan akibat momen guling, gaya geser, dan kapasitas dukung tanah fondasi. Hasil perhitungan stabilitas lereng dan gaya yang terjadi pada penguatan diverifikasi menggunakan perangkat lunak Plaxis dengan keluaran data berupa angka aman.

Menurut peraturan PM No.60 tahun 2012 bahwa stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai metode penanganan dengan empat alternatif permodelan bantalan bekas. Analisis perhitungan dilakukan menggunakan program PLAXIS 2D CE V20 diawali

dengan analisis kondisi eksisting dan dilanjutkan dengan empat alternatif penanganan.

Berikut adalah Langkah – Langkah yang dilakukan dalam analisis dan desain pekerjaan ini:

1. Pengumpulan data.

Langkah awal dimulai dengan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah data hasil survey primer yaitu data geoteknik berupa hasil sondir dan uji laboratorium, data topografi berupa peta kontur, potongan memanjang dan melintang.

2. Interpretasi dan korelasi data

Dari data yang diterima kemudian dibuat analisis awal berupa interpretasi dan korelasi data. Interpretasi data bertujuan untuk menganalisis kondisi awal lokasi pekerjaan berdasarkan data yang sudah masuk baik itu sekunder maupun primer. Sedangkan korelasi data bertujuan untuk melengkapi interpretasi data jika memang data yang didapat dari hasil survey belum bisa memenuhi kriteria data input untuk pemodelan.

3. Input pemodelan

Setelah data dirasa cukup dan sesuai dengan kriteria, selanjutnya dilakukan input pemodelan geoteknik. Dalam hal ini pemodelan menggunakan Plaxis 2D.

4. Analisis kondisi eksisting dan validasi

Setelah input pemodelan, kemudian dilakukan analisis tahap berikutnya untuk kondisi eksisting di lokasi pekerjaan. Analisis ini bertujuan untuk menyesuaikan pemodelan dengan kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga hasilnya dapat mewakili perkiraan kondisi sebenarnya di lapangan. Dalam analisis kondisi eksisting ini dilakukan validasi pemodelan dengan data real di lapangan berupa hasil survei primer, visualisasi/dokumentasi lapangan atau keterangan dari petugas di lapangan yang kompeten.

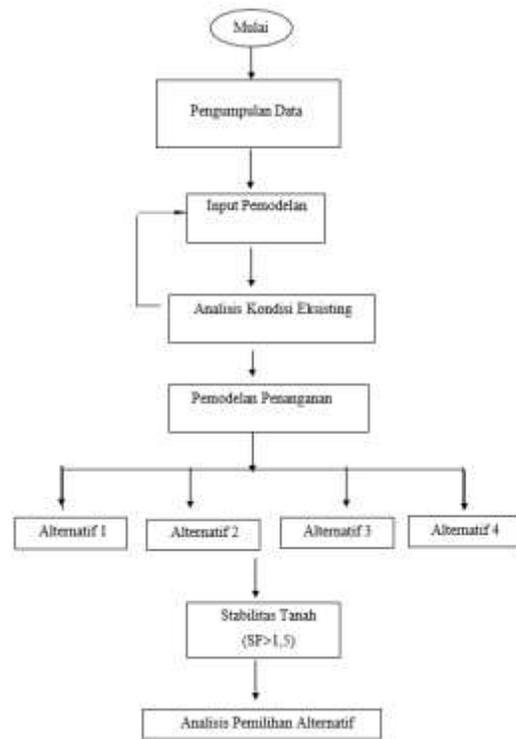
5. Pemodelan penanganan dengan alternatif

Setelah pemodelan kondisi eksisting dirasa sesuai/mendekati kondisi real di lapangan, langkah berikutnya adalah memodelkan beberapa alternatif penanganan untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dan mudah dalam pelaksanaannya di lapangan.

6. Penentuan alternatif penanganan

Dari beberapa hasil pemodelan penanganan sebelumnya, kemudian dipilih satu alternatif penanganan yang sesuai dengan kriteria yang ditentukan berdasarkan hasil diskusi bersama.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Alir

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN

IV.1 Stratifikasi dan Parameter Tanah

Lokasi Parameter diambil berdasarkan korelasi empirik yang ada. Berikut ini parameter-parameter yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 2. Stratifikasi dan Parameter Tanah

Lapisan	Jenis Tanah	Kedalaman		$\gamma_{sat}$	$\gamma_m$	$E'$	$c$	$\phi$	$e$	$ik$	$v$
		(m)									
1	Lempung (Lunak)	0,00 - 0,50	12	16	7000	25	0	1	0,04752	0,35	
2	Lempung (Sangat Keras)	0,50 - 2,50	18	20	50000	200	0	0,5	0,04752	0,35	
2	Pasir (Sangat Padat)	2,50 - 4,00	21	22	40000	0	45	0,5	7,328	0,25	

Sumber: Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables (Look, 2007)

IV.2 Spesifikasi Material Yang Digunakan

Pendekatan parameter yang digunakan untuk ballast sebagai berikut.

Tabel 3. Parameter Ballast

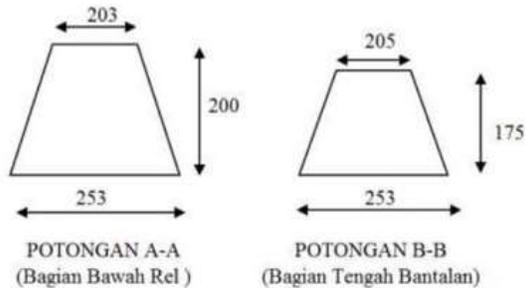
Parameter	Ballast
Tebal (m)	0.47
Model	MC

Tipe material	Drained
$\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	21
E' (kN/m <sup>2</sup> )	50000
Poisson Ratio, $\nu$	0.35
c (kN/m <sup>2</sup> )	0.5
$\phi$ (kN/m <sup>2</sup> )	45
Permeabilitas, k (cm/s)	8.64

**Tabel 4. Parameter Bantalan Beton**

Parameter	Bantalan	Satuan
Jenis Material	Elastis	-
E	143108351	kPa
I	0.00017	m <sup>4</sup>
w	0.54720	kN/m
A	0.04560	m <sup>2</sup>
EA	6525740.79	kN/m
EI	24137.61	kNm <sup>2</sup> /m

Untuk bantalan beton diambil dari brosur prategang WIKA.

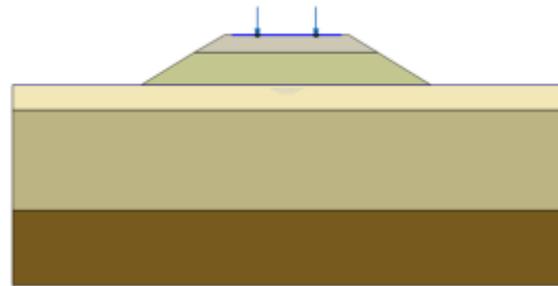


**Gambar 4. Penampang Bantalan Beton**

### IV.3 Analisis Kondisi Eksisting

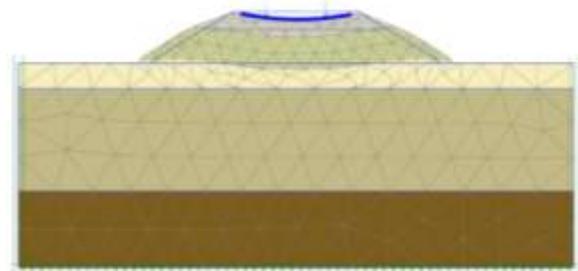
Tahapan analisis kondisi eksisting dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Penimbunan ballast dengan tebal 30 cm.
2. Muka air tanah disimulasikan dengan kondisi pada kedalaman 0.00 m
3. Pemasangan bantalan beton.
4. Pemberian beban gandar 18 ton.

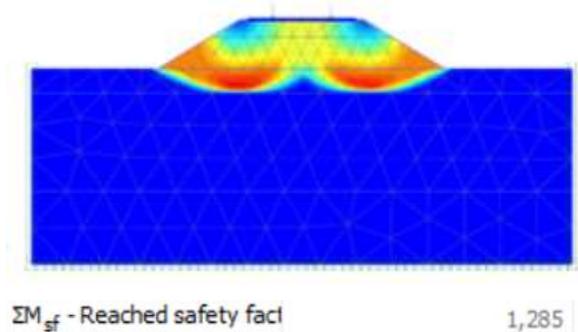


**Gambar 5. Geometri Pemodelan Kondisi Eksisting**

Hasil analisis stabilitas dengan *Finite Element* pada tahap pengaruh beban gandar, badan tanah mengalami keruntuhan akibat daya dukung tanah tidak cukup untuk menahan beban, dimana elevasi 0.00 m merupakan tanah lempung lunak, untuk hasil dari kondisi MAT dapat dilihat pada gambar 6,7.



**Gambar 6. Output Simulasi Deformed Kondisi Eksisting**



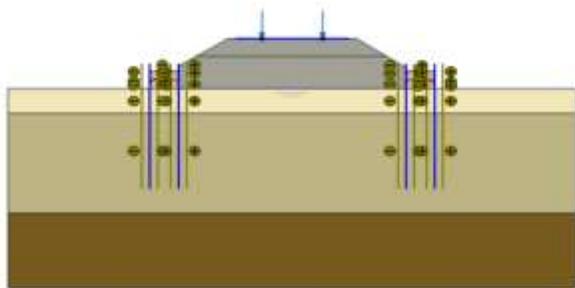
**Gambar 7. Output Simulasi Total Displacement Kondisi Eksisting**

Reached values	
Reached total time	0,000 day
CSP - Relative stiffness	0,3913
ForceX - Reached total force	0,000 kN
ForceY - Reached total force	0,000 kN
Pmax - Reached max pp	146,1 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0,000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1,000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	1,285

Gambar 7. Nilai Safety Factor Kondisi Eksisting

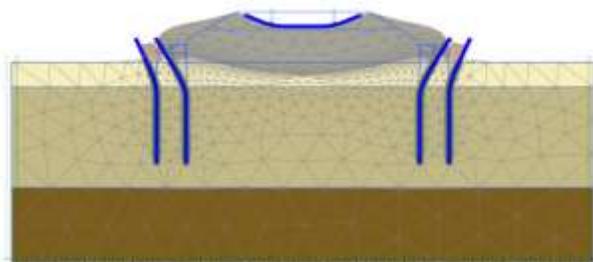
Berdasarkan Gambar 7 bahwa untuk analisis kondisi MAT memberikan nilai faktor keamanan kurang dari 1.5 (faktor keamanan minimal 1,5 berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012), maka kondisi tersebut **tidak aman** dan perlu dilakukan perbaikan atau perkuatan.

#### IV.5 Metode Perkuatan Menggunakan Bantalan Beton Bekas Sebagai Pengganti Gabion

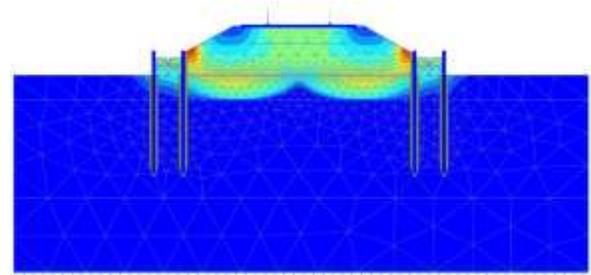


Gambar 8. Geometri Alternatif Perkuatan Bantalan Beton Bekas Sebagai Pengganti Gabion

Hasil analisis stabilitas dengan *Finite Element* pada tahap pengaruh beban gandar, badan tanah mengalami *total displacement* yang besar, dimana elevasi 0.00 m sampai dengan -0.50 m merupakan tanah lempung lunak, untuk hasil dari kondisi MAT dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 9. Output Simulasi Deformed Perkuatan

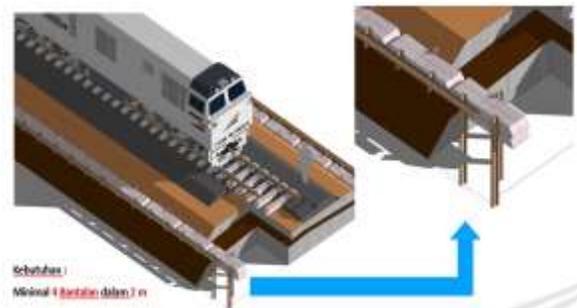


Gambar 10. Output Simulasi Total Displacement Perkuatan

Reached values	
Reached total time	0,000 day
CSP - Relative stiffness	0,8326
ForceX - Reached total force	0,000 kN
ForceY - Reached total force	0,000 kN
Pmax - Reached max pp	203,8 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p	0,000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight	1,000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact	1,638

Gambar 11. Nilai Safety Factor Alternatif Perkuatan

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa untuk analisis kondisi MAT memberikan nilai faktor keamanan lebih dari 1.5, maka perkuatan dengan bantalan beton bekas dinilai **aman** digunakan.



Gambar 12. Pemodelan 3D Alternatif Perkuatan Dengan Perkuatan Bantalan Beton Bekas Sebagai Pengganti Gabion

Berdasarkan analisis alternatif bantalan beton bekas, berikut merupakan perbandingan nilai faktor keamanan dan besarnya deformasi yang terjadi.

Tabel 5. Perbandingan Nilai SF dan Displacement

Output	Kondisi Eksisting	Alternatif Perkuatan
FK	1.285	1.638
Displacement	0.4705	0.1058

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari alternatif simulasi menggunakan bantalan beton bekas sebagai pengganti gabion. Metode perkuatan bisa dilakukan sesuai karakteristik tanah tersebut dimana nilai Safety Factor sebesar 1.638 telah melebihi safety factor ijin  $> 1.5$  dan displacement yang dihasilkan 0.1058 m.

## REFERENSI

- Peraturan Menteri Perhubungan. 2012. PM No. 60: Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia
- M. Das, Braja. 2002. Principles of Geotechnical Engineering 5th Edition. Pacific Grove: PWS Publishing.
- Look, B. G. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis Group.
- Panduan Geoteknik Indonesia. (2001). *Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak*. WSP International.
- Maccaferri. 1987. Flexible Gabion Structures in Earth Retaining Works. Bologna, Italy.
- Rosyidi, S. A. P., 2012. Diktat Ajar: Rekayasa Struktur Jalan Rel. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta