

Analisis Stabilitas Timbunan Badan Jalan Rel Kereta Api dan Alternatif Perkuatannya

Muhammad Husnul Karim^{1*}, Rini Trisno Lestari¹, dan Paksitya Purnama Putra²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jawa Timur

Abstrak. Struktur jalan rel kereta api merupakan konstruksi yang termasuk dalam infrastruktur kereta api, salah satunya adalah timbunan yang digunakan sebagai badan jalan rel kereta. Struktur timbunan harus kuat dalam memikul beban yang diberikan, perkuatan timbunan yang dapat digunakan salah satunya yaitu dengan menggunakan material *geotextile*. Pembangunan jalan kereta api ini mengacu pada PM. No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Analisis yang digunakan dalam memprediksi nilai *Safety Factor* (SF) dengan menggunakan *software* yang berbasis metode *Limit Equilibrium Methode* (LEM). Analisis stabilitas awal timbunan tanpa perkuatan dengan *software* dimana nilai SF diperoleh nilai 1,08. Hal ini menunjukkan bahwa timbunan belum memenuhi nilai persyaratan *safety factor* sesuai SNI sebesar 1,5, sehingga memerlukan perkuatan tambahan untuk dapat memikul beban yang diberikan. Hasil dari perhitungan perkuatan tambahan dengan menggunakan material *geotextile* tipe 25 dengan nilai kuat tarik sebesar 55,79 kN/m menghasilkan kebutuhan 9 lapis dengan panjang sebanyak 68,4 m. Desain *geotextile* yang sudah dihitung kemudian dianalisis kembali dengan menggunakan *software* dimana dihasilkan nilai FS sebesar 1,59. Berdasarkan hasil analisis tersebut perkuatan tambahan dari timbunan badan jalan rel kereta api yang direncanakan dengan menggunakan *geotextile* telah aman dan stabil untuk digunakan.

Kata kunci: *Timbunan, Geotextile, Kereta Api, Perkuatan Tanah*

1. PENDAHULUAN

Struktur jalan rel kereta api merupakan konstruksi yang termasuk dalam infrastruktur perjalanan kereta api. Konstruksi, struktur jalan rel kereta api dibagi menjadi dua bentuk konstruksi, jalan rel dalam konstruksi galian yang mana umumnya terdapat di daerah pegunungan, dan jalan rel dalam konstruksi timbunan yang terdapat pada areal persawahan atau rawa[1]. Merencanakan suatu konstruksi bangunan sipil yang perlu diperhatikan adalah kekuatan dan stabilitas dari konstruksi bangunan tersebut. Bagian bangunan yang berada di bawah muka tanah (bangunan bawah) memegang peranan penting untuk stabilitas suatu konstruksi di atasnya. Beberapa kondisi tanah tidak memiliki kestabilan yang baik untuk memikul beban yang ada di atasnya, sehingga perlu adanya perbaikan tanah yang dilakukan untuk meningkatkan daya dukung dan menghilangkan penurunan pada struktur konstruksi pada gedung, terowongan, bendungan dan lainnya[2].

Perencanaan perkuatan struktur timbunan pada jalan rel dimaksudkan agar mampu menahan beban konstruksi. Tujuan dari pengerjaan penelitian perencanaan perkuatan struktur timbunan pada jalan rel adalah sebagai berikut Analisis stabilitas timbunan sebelum diberikan perkuatan menggunakan *software* berbasis LEM. Perencanaan perkuatan tanah timbunan dengan menggunakan material geosintetik. Analisis stabilitas timbunan setelah diberikan perkuatan dengan material geosintetik.

Perkuatan tanah (*soil reinforcement*) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut. Stabilitas lereng merupakan proses analisis perhitungan dan membandingkan antara tegangan geser dengan kekuatan geser dari tanah atau bidang lereng. Kekuatan geser suatu tanah merupakan daya tolak internal tanah terhadap keruntuhan atau

* Corresponding author: karimhusnul237@gmail.com

pergeseran tanah sepanjang bidang geser[2]. Perkuatan lereng tanah ini menggunakan perkuatan geosintetik yang diletakkan di pinggir timbunan adalah untuk memberikan tahanan lateral dan stabilitas permukaan[3].

Limit Equilibrium Methode (LEM) atau metode kesetimbangan batas adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menganalisa permasalahan kestabilan dinding lereng. LEM adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metoda analisis ini pertama – tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi[4]. Software tersebut merupakan serangkaian program yang dapat mengatasi berbagai masalah geoteknik. Program ini tidak hanya dapat mengatasi berbagai masalah, namun juga menjadikan pekerjaan desain lebih efisien dan cepat. sehingga dapat dengan mudah memilih struktur umum sehingga didapatkan dua solusi yang dapat meningkatkan keamanan desain[5].

2. METODE

Pembangunan jalan kereta api ini mengacu pada PM. No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

a. Lebar Badan Jalan

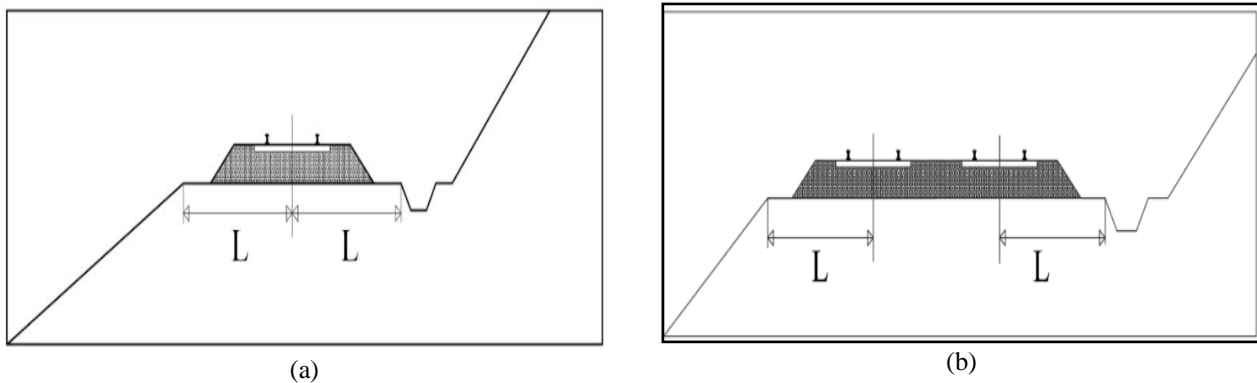
Lebar badan jalan rel kereta api dihitung jarak sumbu jalan rel kereta api ke tepi terluar badan jalan.

$$L = \frac{1}{2} \times \text{lebar jalan rel} \quad (1)$$

Tabel 1 Lebar badan jalan rel kereta api

Kecepatan Maksimum Desain	L	
	Rel 1067 mm (cm)	Rel 1435 mm (cm)
120 km/jam dan 110 km/jam jalur	315 (300)	426 (396)
110 km/jam jalur	295 (285)	396 (366)
90 km/jam jalur	285 (275)	366 (336)
80 km/jam jalur	250 (240)	335 (305)

Catatan: tanda kurung menandakan jarak yang digunakan dalam kasus – kasus seperti topografi yang tidak dapat dihindari.



Gambar 1 (a) penampang rel tunggal; (b) penampang rel ganda

b. Konstruksi Badan Jalan

Desain badan jalan kereta api harus sesuai dengan beberapa ketentuan, mulai dari besaran faktor keamanan kekuatan gaya geser tanah sebesar 1,5 untuk gaya statis dan sebesar 1,1 gaya gempa. Daya dukung tanah harus dapat menanggung keseluruhan beban yang berada di atasnya, mulai dari beban kereta api, berat balas, dan tanah timbunan. Beberapa gaya yang bekerja pada kereta api meliputi beberapa gaya yang menjadi beban pada konstruksi jalan rel kereta api.

1) Gaya Vertikal Kerea Api

- Gaya lokomotif
Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

- Gaya kereta
Kereta dipakai untuk angkutan penumpang. Berat kereta (berisi penumpang) sebesar 40 ton. Kereta ditumpu oleh 2 bogie (Pb = 20 ton), masing – masing bogie terdiri atas 2 gandar, sehingga Pg = 10, dan Ps = 5 ton.
- Gaya gerbong
Gerbong digunakan untuk angkutan barang. Satu gerbong dapat terdiri atas 2 gandar (tanpa bogie) atau 4 gandar (dengan bogie).
- Gaya dinamis
Faktor dinamis adalah Akibat dari beban dinamik kereta api, maka timbul faktor dinamis. Beban dinamis merupakan gaya yang dipengaruhi oleh faktor aerodinamis, persamaan yang dipakai untuk mengetahui beban dinamis menggunakan persamaan Talbot sebagai berikut.

$$I_p = 1 + 0,01 \left(\frac{v}{1,609} - 5 \right) \quad (2)$$

Dengan:

I_p : faktor dinamis,

V : kecepatan kereta api (km/jam).

2) Beban Balas dan Sub Balas

Balas dan sub balas merupakan bagian yang terbentuk dari material agregat kasar sesuai ketentuan dari PM No. 60 Tahun 2012 dengan material lolos saringan sesuai pada tabel berikut:

Tabel 1 Data material lolos saringan untuk sub balas

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½ "	100
¾ "	55 - 100
No. 4	25 - 95
No. 40	May-35
No. 200	0 -10

3) Beban Rel

Beban rel harus memiliki syarat sebagai berikut:

1. Minimum perpanjangan (elongation) 10%
2. Kekuatan tarik (tensile strength) minimum 1175 N/mm²
3. Kekerasan kepala rel tidak boleh kurang dari 320 BHN

Tabel 2 Dimensi penampang Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel
	R 54
H (mm)	159
B (mm)	140
C (mm)	70
D (mm)	16
E (mm)	49,4
F (mm)	30,2
G (mm)	74,79
R (mm)	508
A (cm ²)	69,34
W (kg/m)	54,43
IX (cm ⁴)	2346
Yb (mm)	76,2

4) Beban Bantalan

Lebar jalan rel 1435mm harus memiliki kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 600 kg/cm²/ Fc51 Mpa. Bantalan harus memikul momen minimum sesuai hasil desain beban gandar dan kecepatan. Spesifikasi bantalan untuk lebar jalan rel 1435mm:

1. Panjang
 - o 2440 mm untuk beban gandar sampai dengan 22,5 ton
 - o 2740 mm untuk beban gandar di atas 22,5 ton
2. Lebar maksimum 330 mm
3. Tinggi di bawah dudukan rel 220 mm.

c. Geotextile

Geotextile adalah jenis material geosintetik yang terbuat dari serat sintetis, seperti polyester atau polipropilena. Material ini digunakan untuk memisahkan dua jenis tanah yang berbeda, atau untuk memperkuat tanah dengan menghindari adanya gerusan.

$$T_{all} = T_{ult} \times \left(\frac{1}{F_{SID} \times F_{SCR} \times F_{SCD} \times F_{SBD}} \right) \quad (3)$$

Untuk pemasangan geotextile pada stabilitas lereng:

T_{all} = kekuatan geotextile yang tersedia

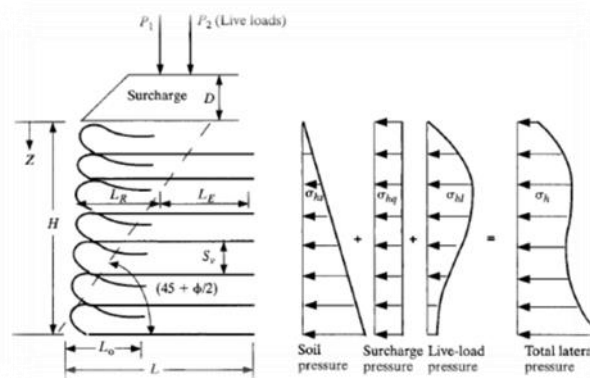
T_{ult} = kekuatan ultimate geotextile

F_{SID} = faktor keamanan akibat kesalahan pemasangan (1,1 – 1,5)

F_{SCR} = faktor keamanan akibat rangkai (1,5 – 2,0)

F_{SCD} = faktor keamanan akibat pengaruh kimia (1,0 – 1,5)

F_{SBD} = faktor keamanan akibat pengaruh biologi (1,0 – 1,3)



Gambar 2. Konsep dan teori tekanan bumi untuk desain dinding geotextile[4]

Tabel 1 Faktor penggunaan geotextile

PENGUNAAN GEOTEXTILE	EMBANKMENTS
Faktor Pemasangan Fsid	1,1 - 2,0
Faktor Rangkai Fscr	2,0 - 3,0
Faktor Kimia Fscd	1,0 - 1,5
Faktor Biologi Fsbc	1,0 - 1,3

d. Lereng

Perencanaan lereng untuk jalan kereta api mengacu pada pasal 7 SNI 8460 – 2017 (Persyaratan Perancangan Geoteknik). Subpasal ini meliputi persyaratan – persyaratan umum dan teknis perancangan lereng buatan yang meliputi lereng galian dan timbunan. Lereng timbunan (engbankment) pada sub pasal 7.3.2.2, nilai safety factor Lereng timbunan sebesar 1,5 umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Perhitungan kekuatan menggunakan metode Bishop dimodifikasi (*modified Bishop method*) dengan menggunakan rumus persamaan faktor aman.

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n-p} (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \phi) \frac{1}{\sin \alpha}}{\sum_{n=1}^{n-p} W_n \cdot \sin \alpha} \quad (4)$$

- SF = faktor aman
 c = kohesi tanah (kN/m²)
 φ = sudut gesek dalam tanah (derajat)
 b_i = a_i cos θ_i = lebar irisan ke-i arah horizontal (m)
 W_i = berat irisan tanah ke-i (kN/m²)
 θ_i = sudut didefinisikan (derajat)
 u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m²)
 y_i = lengan momen tulangan geosintetik (m)

3. HASIL

a. Data Penelitian

Terdapat dua data yang digunakan, antara lain data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan merupakan data foto – foto proyek yang ditinjau langsung di lapangan. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data tanah yang mewakili kondisi lahan di sekitar proyek.



(a)



(b)

Gambar 3 (a) pekerjaan timbunan rel kereta api; (b) pemakaian material geosintetik

Parameter data tanah dasar dan parameter data tanah timbunan akan digunakan di dalam analisis software dan perhitungan manual, serta perencanaan terhadap perkuatan dari timbunan rel kereta api.

Tabel 5 Parameter data tanah dasar

Parameter Data Tanah Dasar					
Lapisan	Kedalaman (m)	γ _t (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	Ø	C (kg/cm ²)
1	3,50 – 4,00	1,788	1,305	18	0,14
2	7,50 – 8,00	1,788	1,305	18	0,14
3	11,50 – 12,00	1,456	0,802	14	0,17
4	15,50 – 16,00	1,456	0,802	14	0,17

Tabel 6 Parameter data tanah timbunan

Parameter Data Tanah			
γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	\emptyset	C (kg/cm ²)
1,9	1,8	28	0,17

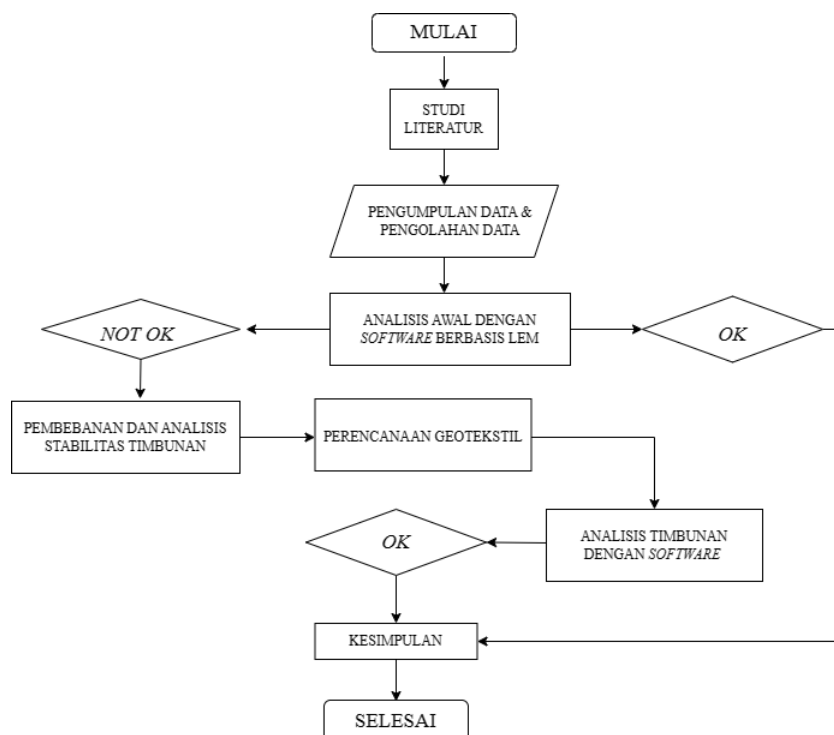
Penelitian ini digunakan material *geotextile* tipe *woven* dengan nilai spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel 7 Data *geotextile* woven

<i>Geotextile Woven</i>	Tipe 25	Satuan
Berat	247,5	gr/m ²
Ketebalan	0,88 - 0,97	mm
Ukuran Pori	75 < ADS < 90	
Ketahanan Tusuk	5796,08	N
Warna	Hitam	
Kuat Tarik		
Arah Panjang	55,79	kN/m
Arah Lebar	42,34	kN/m
Renggang Putus		
Arah Panjang	21	%
Arah Lebar	23,33	%
Kuat Tarik Pegang		
Arah Panjang	1764,07	N
Arah Lebar	1682,78	N
Ukuran		
Panjang	150	m
Lebar	4	m
Luas	500	m ²

b. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif, yang mana data didapat berbentuk angka data tanah. Proses pengolahan data penelitian mencakup data tanah, data beban jalan rel kereta api, data spesifikasi material geosintetik. Data tersebut diolah sehingga mendapatkan parameter yang dibutuhkan



Gambar 4. Diagram alir perhitungan

c. Perhitungan Beban

Beban konstruksi jalan rel kereta api yang dipikul oleh lereng tanah timbunan terdapat beban hidup (live load), beban mati (dead load).

1. Beban lokomotif
Beban gandar lokomotif adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.
2. Beban sub balas dan balas
Material yang digunakan untuk sub balas dan balas adalah agregat kasar dengan angka persentase lolos saringan nomor 200 sebesar 0 – 10%, angka persentase lolos saringan nomor 2½” sebesar 100%. Berat material keduanya sebesar 1,45 t/m³.
3. Beban rel
Beban rel tipe R54 mempunyai berat sebesar 0,0544 ton/m. Nilai berat tersebut dikalikan 2 karena jumlah rel itu 2 maka,

$$P_{rel} = 0,0544 \times 2$$

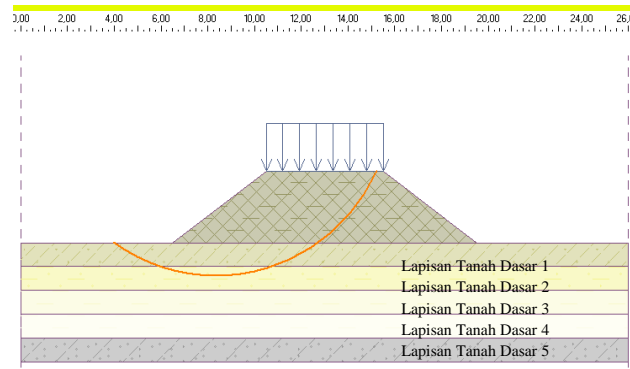
$$P_{rel} = 0,1088 \text{ ton/m}$$
4. Beban bantalan
Bantalan dengan panjang 2440 mm untuk beban gandar sampai dengan 22,5 ton, dan lebar 330 mm dan tinggi 220 mm. Berat jenis beton 2,4 t/m³, sehingga didapatkan berat bantalan sebesar:

$$2,44 \times 0,33 \times 0,22 = 0,177 \text{ ton}$$
5. Beban mati total

Beban total	= beban balas dan sub balas + beban rel + beban bantalan
Beban total	= 7,422 + 0,1088 + 0,177
Beban total	= 7,7078 ton

d. Analisis Timbunan Awal Sebelum Diberikan Perkuatan

Stabilitas lereng pada timbunan rel kereta api diberikan pembebanan sebesar 22,5 kN/m desain ini sebagai analisis awal sebelum timbunan diberi perkuatan.



Gambar 5 Analisa awal sebelum perbaikan dan pemberian perkuatan

Dihasilkan beberapa analisis sebagai berikut:

<i>Safety Factor</i>	= 1,08
<i>Moment Resistant</i>	= 1470,55 kN/m
Momen Dorong	= 1361,47 kN

Berdasarkan hasil tersebut, kekuatan dari timbunan masih belum memenuhi *safety factor* yang dipersyaratkan, sehingga diperlukan perkuatan tambahan dengan material *geotextile*.

e. Perhitungan Timbunan dengan Material Geotextile

Perhitungan geotextile yang digunakan di dalam perencanaan ini yaitu menggunakan geotextile woven tipe 25 dengan nilai kuat Tarik 55,79 kN/m. Perhitungan geotextile meliputi perhitungan kebutuhan lapisan dan perhitungan kebutuhan panjang geotextile pada saat pemasangan, dimana:

Tult	= 55,79 kN/m
FSID	= 1,3

$$FSCR = 2,0$$

$$FSCD = 1,5$$

$$FSBC = 1,2$$

$$Tall = 55,79 \times \left(\frac{1}{1,3 \times 1,7 \times 1,5 \times 1,2} \right)$$

$$Tall = 11,92 \text{ kN/m}$$

Ldepan dapat diketahui dengan cara mencari jarak dari ujung titik timbunan sampai bidang longsor, lapisan 1 geotextile didapatkan panjang Ldepan sebesar 6,18 m, tebal lapisan didesain sebesar 0,2 m, panjang overlap geotextile ditentukan antara 0,8 m sampai 1 m, ditentukan 0,8 m.

Panjang total kebutuhan geotextile lapisan pertama

$$L_{total} = L_{belakang} + L_{depan} + \text{tebal lapisan} + \text{overlap}$$

$$L_{total} = 0,48 + 6,18 + 0,2 + 0,8 = 7,7 \text{ m (Kebutuhan lembar geotextile lapisan pertama adalah 7,7 m)}$$

Tabel 8 Perhitungan kebutuhan panjang geotextile

Lapis	L belakang (m)	Ldepan (m)	L lipatan (m)	L overlapp (m)	L total (m)
1	0,48	6,18	0,2	0,8	7,7
2	0,50	6,19	0,2	0,8	7,7
3	0,52	6,16	0,2	0,8	7,7
4	0,54	6,13	0,2	0,8	7,7
5	0,57	6,07	0,2	0,8	7,6
6	0,60	6,00	0,2	0,8	7,6
7	0,63	5,92	0,2	0,8	7,6
8	0,67	5,83	0,2	0,8	7,5
9	0,71	5,72	0,2	0,8	7,4

Perhitungan kebutuhan lapisan geotextile dapat dilakukan dengan mencari beberapa nilai antara lain:

Dimana: SF_{min} = 1,08 (didapat dari Analisa awal Software)

MR_{min} = 1470,55 kN/m (didapat dari Analisa awal software)

M_{dorong} = 1361,47 kN/m

Maka,

MR_{rencana} = M_{dorong} × SF syarat

$$= 1361,47 \times 1,5$$

$$= 2042,205 \text{ kN/m}$$

ΔMR = MR_{rencana} – MR_{min}

$$= 2042,205 - 709,73$$

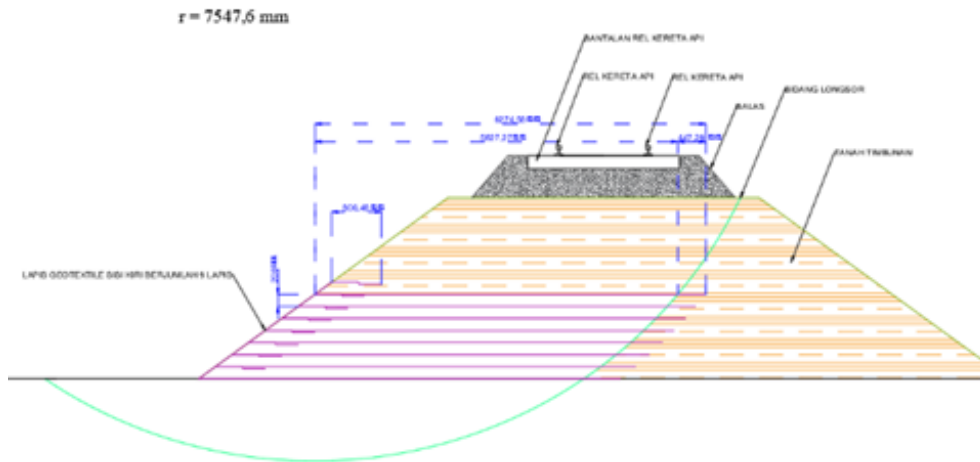
$$= 571,655 \text{ kN/m}$$

Perhitungan kebutuhan lapis geotextile harus menghasilkan ΣM_{geotextile} lebih besar dari ΔMR. Hitungan ΣM_{geotextile} terdapat pada tabel berikut:

Tabel 9 Tabel kebutuhan lapisan geotextile

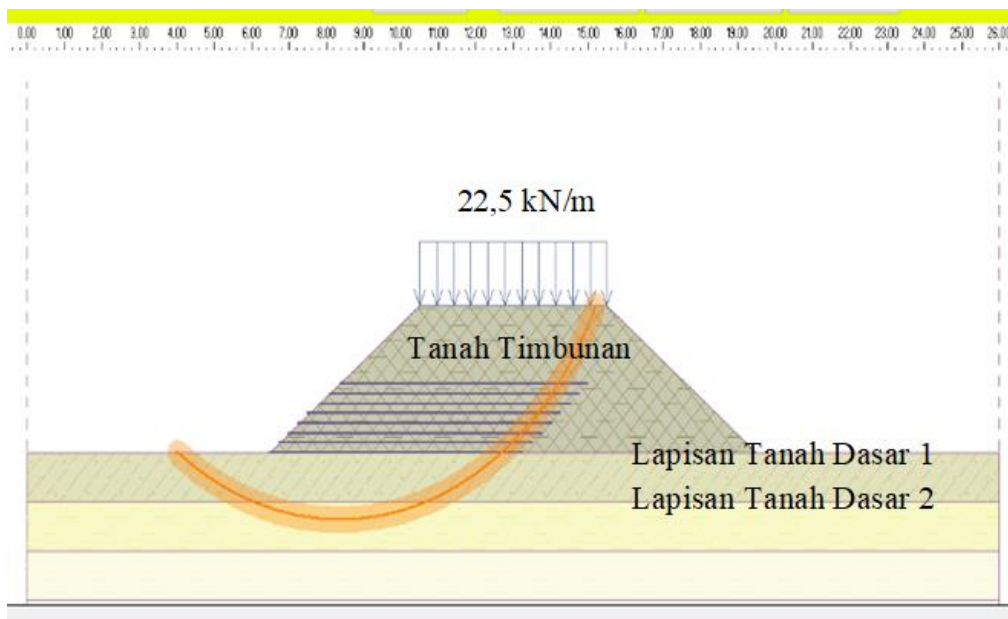
Lapisan	H timb	Ti	Tallow	M _{geotextile}	ΣM _{geotextile}	Ket
1	3	6,18	11,921	73,671	73,671	Not ok
2	2,8	5,98	11,921	71,287	144,959	Not ok
3	2,6	5,78	11,921	68,903	213,862	Not ok
4	2,4	5,58	11,921	66,519	280,381	Not ok
5	2,2	5,38	11,921	64,135	344,515	Not ok
6	2	5,18	11,921	61,750	406,266	Not ok
7	1,8	4,98	11,921	59,366	465,632	Not ok
8	1,6	4,78	11,921	56,982	522,614	Not ok
9	1,4	4,58	11,921	54,598	577,212	Ok
10	1,2	4,38	11,921	52,214	629,426	Ok
Lapisan	H timb	Ti	Tallow	M _{geotextile}	ΣM _{geotextile}	Ket
11	1	4,18	11,921	49,830	679,255	Ok
12	0,8	3,98	11,921	47,445	726,701	Ok

Kebutuhan lapis geotextile adalah 9 lapis dengan panjang total kebutuhan semua lapis sebesar 68,4 m. Dengan nilai $\sum M$ geotextile sebesar 577,212 kN/m melebihi ΔMR sebesar 571,655 kN/m.



Gambar 6 Lapis geotextile timbunan

Kebutuhan lapis geotextile adalah 9 lapis dengan panjang total kebutuhan semua lapis sebesar 68,4 m. Dengan nilai $\sum M$ geotextile sebesar 577,212 kN/m melebihi ΔMR sebesar 571,655 kN/m.



Gambar 7 Analisa timbunan setelah diberikan perkuatan tambahan

SFmin = 1,59
MRmin = 2170,34 kN/m
Mdorong = 1361,47 kN/m

4. KESIMPULAN

1. Hasil dari analisis stabilitas timbunan awal badan rel kereta api sebelum diberikan perkuatan dengan menggunakan software didapatkan nilai safety factor sebesar 1,08 dengan jari – jari bidang kelongsoran sebesar 7,55 m dengan nilai moment resistant sebesar 1470,55 kN/m. Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas timbunan tersebut didapatkan nilai safety factor kurang dari 1,5, hal ini menunjukkan bahwa timbunan badan jalan rel kereta api tersebut memerlukan perkuatan tambahan untuk memenuhi safety factor yang dipersyaratkan, sehingga timbunan akan aman dan stabil.

2. Perhitungan geosintetik dilakukan di sisi timbunan dengan hasil sebagai berikut: Hasil dari perhitungan untuk perencanaan pemasangan geotextile timbunan dihasilkan kebutuhan lapis geotextile adalah 9 lapis dengan panjang penggunaan geotextile sebanyak 68,4 m. Sedangkan untuk nilai $\sum M$ geotextile sebesar 577,212 kN/m melebihi ΔMR sebesar perhitungan software sebesar 571,655 kN/m.
3. Hasil dari analisis stabilitas timbunan badan rel kereta api setelah diberikan perkuatan geotextile kemudian dianalisis dengan menggunakan software pada menghasilkan nilai sebagai berikut: analisis stabilitas timbunan badan rel kereta api didapatkan nilai safety factor sebesar 1,59 dengan jari – jari bidang kelongsoran sebesar 7,55 m dengan nilai moment resistant sebesar 2170,34 kN/m.

Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas timbunan setelah diberikan tambahan perkuatan dengan material geotextile didapatkan nilai safety factor dan kanan timbunan lebih dari 1,5. Hal ini menunjukkan bahwa timbunan badan jalan rel kereta api tersebut telah memenuhi persyaratan keamanan yang dibutuhkan, sehingga timbunan badan jalan rel kereta api tersebut telah aman dan stabil untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keretamania, “Kelebihan dan Kekurangan Menggunakan Kereta Api,” 2019, [Online]. Available: <https://keretaapikita.com/kelebihan-dan-kekurangan-menggunakan-kereta-api/#:~:text=Kelebihan dan Kekurangan Menggunakan Kereta Api 1 1.,kota.7 7. Kadang ada promo tiketnya.>
- [2] R. Indonesia, Peraturan Menteri no. 60 tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. 2012.
- [3] D. Haryadi, M. Mawardi, and M. R. Razali, “Analisis Lereng Terasering Dalam Upaya Penanggulangan Longsor Metode Fellenius Dengan Program Geostudio Slope,” *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 53–60, 2019, doi: 10.33369/ijts.10.2.53-60.
- [4] D. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., *Geosintetik untuk rekayasa jalan raya perancangan dan aplikasi, Pertama*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2008.
- [5] Ceddb.com, “GEO5 - Geotechnical Analysis Suite Software,” 2019, [Online]. Available: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=bf5c33d655151b1fJmltdHM9MTY4OTEyMDAwMCPZ3VpZD0yZmE4ZjAwOS1kNTQ5LTlyNGItMWY1ZS1mZjZhZDQ3MTYzMjYmaW5zaWQ9NTE5MA&ptn=3&hsh=3&fclid=2fa8f009-d549-624b-1f5e-ff6ad4716326&psq=>
- [6] Besta’s blog, “Beban dan Gaya pada Rel,” 2014, [Online]. Available: <https://bestananda.blogspot.com/2014/08/beban-dan-gaya-pada-rel.html>
- [7] Goolemaps.com, “letak lokasi pekerjaan,” 2023, [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/@-5.0224683,119.5453146,887m/data=!3m1!1e3?hl=en&entry=t>
- [8] Gubernur Sulawesi Selatan, “Peraturan Provinsi Sulawesi Selatan Nomor 3 tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruabg Wilayah Sulawesi Selatan,” *Pemerintah provinsi Sulawesi Selatan*, no. 1, 2022.
- [9] Kementerian Perhubungan Ditjen Perkeretaapian, “Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (PM No.43 Tahun 2011),” *Rencana Induk Perkeretaapi. Nas.*, no. 8, pp. 1–85, 2011.
- [10] SNI 8460, “Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8460:2017,” *Badan Standarisasi Nas.*, vol. 8460, 2017.
- [11] T. Geosynthetics, “Woven *Geotextile*.” <https://www.tencategeo.us/en-us/products/woven-geotextiles>