

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kondisi Tata Guna Lahan

Secara garis besar kondisi wilayah perencanaan pembangunan rel kereta api jalur Mandai-Bandar Udara Sultan Hasanuddin-Kota Makassar melewati wilayah dataran relatif datar dan terdapat cekungan rawan banjir. Menurut (Yendri, 2021) dalam artikel yang berjudul “Konsep laporan akhir DED pembangunan jalur KA antara mandai – Parangloe – lintas Makassar – Parepare” menganalisis tata guna lahan trase jalur KA mandai sampai Makassar yaitu tanah kosong tanpa dikelola, tanah kosong dengan pemanfaatan sebagai tambak dan lahan pertanian, tanah dengan bangunan pemanfaatan usaha pergudangan dan industry, tanah kosong pemanfaatan untuk *real estate* (pengembang). sedangkan status kepemilikan lahan dikelompokkan sebagai tanah milik masyarakat secara perorangan, tanah milik badan usaha swasta dengan pemanfaatan sebagai pergudangan dan industry, tanah milik badan usaha swasta dengan pemanfaatan sebagai perumahan.

2.2 Analisis Kapasitas Dukung Tanah

Dalam merencanakan pembuatan jalan rel tanah harus mampu mendukung dan menopang beban dari setiap konstruksi yang direncanakan diatas tanah tersebut tanpa suatu kegagalan geser dan dengan lendutan yang dihasilkan dapat diterima untuk kontruksi diatasnya. Ada beberapa persamaan – persamaan yang diusulkan oleh para peneliti pendahulu untuk menganalisis kapasitas daya dukung tanah. Beberapa diantaranya yaitu persamaan kapasitas dukung yang diusulkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1951, 1963). Persamaan – persamaan kapasitas dukung tanah yang diusulkan umumnya didasarkan pada persamaan Mohr – Coulomb.

2.2.1 Persamaan Terzaghi

Karl von Terzaghi adalah seorang insinyur sipil Austria dan geolog, beliau juga disebut bapak mekanika tanah. Beliau memulai mekanika tanah modern dengan teori-teorinya konsolidasi, tekanan lateral tanah,

daya dukung, dan stabilitas (Terzaghi, 1925). Dalam karya Karl Terzaghi yaitu buku “*Theoretical Soil Mechanics*” beliau menuangkan pemikirannya mulai dari teori konsolidasi, teori daya dukung, tekanan lateral tanah dan dinding penahan, kekuatan geser dan stabilitas lereng. Dalam buku tersebut dijelaskan bahwa semua kasus seperti yang dituliskan dapat dipakai untuk memecahkan masalah – masalah yang ada di dunia nyata. Analisis Terzaghi (1943) menganggap bahwa dasar fondasi kasar, sehingga menahan Gerakan tanah arah lateral didasar fondasi dan mengikat tanah tersebut seolah – olah merupakan satu kesatuan dengan fondasinya. Jadi, semua beban fondasi dipindahkan langsung lewat bagian baji ke tanah dibawahnya.

2.2.2 Persamaan Meyerhof

Hardiyatmo (2002) dalam bukunya yang berjudul “Mekanika Tanah II” menuliskan analisis kapasitas dukung Meyerhof agak berbeda dengan analisis kapasitas dukung Terzaghi dalam beberapa faktor, antara lain:

1. Sudut baji β tidak dianggap $= \phi$, tapi nilai $\beta > \phi$, yang berakibat baji lebih memanjang kebawah bila dibandingkan dengan analisis Terzaghi.
2. Zona longsoran berkembang dari dasar fondasi, ke atas sampai mencapai permukaan tanah. Jadi, kuat geser tanah diatas pondasi diperhitungkan. Akibatnya, nilai faktor kapasitas dukung agak lebih rendah dari pada yang diberikan oleh Terzaghi. Namun, Meyerhof juga mempertimbangkan faktor pengaruh kedalam fondasi, yang hasilnya memberikan nilai kapasitas dukung yang lebih besar dari nilai kapasitas dukung Terzaghi.

2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan atau dengan persamaan dibawah ini. (Hardiyatmo, 2012).

$$F = \frac{\tau}{\tau_d}$$

Dengan :

F = Faktor aman.

τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah.

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor.

2.3.1 Metode Bishop

Bishop (1960) mengusulkan penyelesaian stabilitas lereng yang dapat digunakan untuk menghitung faktor aman pada tinjauan tegangan efektif. Metode ini mengabaikan gaya gesek antar irisan dan kemudian mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya – gaya antar irisan. Hardiyatmo (2012) dalam bukunya berjudul “Tanah Longsor dan Erosi” menuliskan faktor aman dalam diagram, dinyatakan sebagai fungsi dari angka stabilitas $c'/\gamma H$ yang dihitung berdasarkan metoda sederhana Bishop yang disederhankan (*simplified Bishop Method*) (Bishop, 1955). F adalah faktor aman, m dan n bergantung pada nilai banding kedalaman D .

2.3.2 Metode Spencer

Metode Spencer merupakan metode yang dapat digunakan untuk sembarang bidang longsor dan memenuhi semua kondisi kesetimbangan gaya dan kesetimbangan momen pada setiap irisan, Hardiyatmo (2012). Spencer mengasumsikan bahwa gaya – gaya yang berkerja disekitar bidang irisan adalah parallel sehingga gaya – gaya yang berkerja disekitar bidang irisan adalah parallel sehingga gaya – gaya tersebut memiliki sudut kemiringan yang sama yaitu :

$$\frac{x}{E} = \tan \Theta = \lambda$$

Dimana Θ adalah sudut kemiringan resultan gaya antar irisan.

Pada metode spencer, gaya antar irisan dan gaya normal tidak diabaikan, tapi untuk mencari angka faktor keamanan yang tepat untuk analisis dengan metode spencer akan diperoleh Ketika $F_f = F_k$. Untuk

memperoleh nilai $F_f = F_m$, diperlukan grafik perbandingan antara F_K dengan pengaruh Θ .

2.3.3 Metode Fellinius

Analisis stabilitas lereng dengan cara fellinius menganggap gaya – gaya yang berkerja pada sisi kiri dan kanan dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah gerak lurus bidang longsor, (Hardiyatmo, 2012). Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya – gaya yang berkerja dengan memperhatikan tekanan air pori. Menurut cara kerja Fellinius faktor aman bidang longsor didefinisikan dengan persamaan dibawah ini, (Hardiyatmo, 2012).

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

2.4 Analisis Drainase

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Drainase (PUPR, 2015), drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu tempat, sehingga tempat tersebut dapat difungsikan secara semestinya. Lingkup desain drainase meliputi kegiatan Pembangunan baru dan/atau peningkatan. Pembungan baru meliputi kegiatan membangun : saluran, memperbanyak saluran, memperpanjang slauran, mengalihkan aliran, sistem polder dan kolam tamping/retensi (*storage*). Adapula menurut Pedoman Perencanaan Drainase (PUPR, 2015) data teknik yang diperlukan antara lain data hidrologi dan hidrolika

Data hidrologi meliputi :

1. Data hujan minimal sepuluh tahun terakhir.
2. Data tinggi muka air, debit Sungai, pengaruh air balik, peil banjir, dan data pasang surut untuk daerah rendah yang berbatasan dengan laut.

Data hidrolika meliputi :

1. Data kondisi dan fungsi saluran, jenis saluran dan geometrik saluran.
2. Data elevasi permukaan air atau kemiringan aliran.
3. Data arah aliran.

2.5 Susunan Jalan Rel

Susunan jalan rel merujuk pada tata letak atau konfigurasi fisik dari jalur rel.

2.5.1 Rel

a. Umum

Rel adalah bagian paling penting dalam perencanaan dan pembangunan rel kereta api. Rel kereta api dikenal dengan 3 macam yaitu, :

1. Rel untuk jalan (jalan kereta api). Menurut beratnya rel dibagi menjadi 2, Rel berat yaitu rel yang beratnya >30 kg/m, rel ringan yaitu rel yang beratnya < 30 kg/m
2. Rel untuk keram
3. Rel untuk elevator

b. Tipe dan karakteristik penampang

Tipe rel dalam sistem kereta api juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kelas jalan. Tipe rel ini terdiri dari 5 kelas jalan. Tipe rel masing-masing kelas jalan terdapat pada setiap tipe rel memiliki karakteristik dan aplikasi yang berbeda, tergantung pada kebutuhan dan persyaratan jalur kereta api. Pemilihan tipe rel yang tepat penting untuk memastikan keamanan, kenyamanan, dan efisiensi perjalanan. Rel merupakan salah satu bagian paling penting pada kereta api. Tipe rel dibagi berdasarkan kelas jalan seperti pada table 2.1.

Tabel 2.1 Tipe Rel

KELAS JALAN	TIPE REL
I	R 60 / R 54
II	R 54 / R 50
III	R 54 / R 50 / R 42
IV	R 54 / R 50 / R 42
V	R 42

Adapun karakteristik penampang jalan rel yang menjadi salah satu bagian terpenting pada kereta api. Penampang jalan rel diklasifikasikan menurut besaran geometri jalan yang disesuaikan berdasarkan tipe rel seperti pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Karakteristik

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
H (mm)	138	153	159	172
B (mm)	110	127	140	150
C (mm)	68,5	65	72	74,3
D (mm)	13,5	15	16	16,5
E (mm)	40,5	49	49,4	51
F (mm)	23,5	30	30,2	31,5
G (mm)	72	76	74,97	80,95
R (mm)	320	500	508	120
A (cm ²)	54,26	64,2	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,4	54,43	60,34
Y _b (mm)	68,5	71,6	76,2	80,95
I _x (cm ⁴)	1,263	1,86	2,345	3,066
A	: Luas Penampang			
W	: Berat rel per meter			
Y _b	: Momen inersia terhadap sumbu X			
I _x	: Jarak tepi bawah rel ke garis netral			

Rel menurut panjangnya dibedakan tiga jenis rel, yaitu:

1. Rel standar adalah rel yang panjangnya 25 m.
2. Rel pendek adalah rel yang panjangnya maksimal 100 m.
3. Rel panjang adalah rel yang panjang tercantum minimumnya.

c. Sambungan Rel

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 yang dimaksud dengan sambungan rel dalam pasal, ini adalah sambungan yang menggunakan pelat penyambung dan baut-mur. Macam – macam sambungan dari kedudukan terhadap bantalan dibedakan dua macam sambungan rel, yaitu:

1. Sambungan melayang
2. Sambungan menumpu

Penempatan sambungan disepur, penempatan secara siku, dimana kedua sambungan berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur.

1. Penempatan secara berselang-seling, dimana kedua sambungan rel tidak berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sambungan rel dijembatan.
2. Didalam daerah bentang jembatan harus diusahakan agar tidak ada sambungan rel.
3. Rel dengan bantalan sebagai suatu kesatuan harus dapat bergeser terhadap gelegar pemikulnya. Yang dimaksud dengan gelegar pemikul adalah bagian dari konstruksi jembatan dimana bantalan menumpu secara langsung.
4. Jika digunakan rel standar atau rel pendek, letak sambungan rel harus berada di luar pangkal jembatan.
5. Jika digunakan rel panjang, jarak antara ujung jembatan daerah muai rel itu.

2.5.2 Wesel

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 fungsi wesel adalah mengalihkan kereta dari satu sepur ke sepur yang lainnya. Ada berbagai jenis-jenis wesel pada rel yaitu, wesel biasa, wesel tiga jalan, wesel inggris. Komponen Wesel terdiri dari atas komponen-komponen sebagai berikut, lidah, jarum beserta sayap – sayap, rel lantak, rel paksa dan sistem penggerak. Nomor dan kecepatan ijin pada wesel dapat dilihat tabel 2.3.

1. Nomor wesel, n , menyatakan tangent sudut simpangannya yakni :
 $tg=1: n$.
2. Kecepatan ijin pada wesel

Tabel 2.3 Wesel

tg	1:8	1:10	1:12	1:14	1:16	1:20
No. wesel	W 8	W 10	W 12	W 14	W 16	W 20
Kecepatan ijin (km/j)	25	35	45	50	60	70

2.5.3 Penambatan rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser (PM 60, 2012). Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastic dan penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas tirpon, mur dan baut. Penambat elastik tunggal dan penambat elastik ganda. Penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tarpon, mur dan baut. Pada bantalan beton, tidak diperlukan pelat andas, tetapi dalam hal ini tebal karet las (rubber pad) rel harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

Penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas jalan rel. Penambat elastic tunggal hanya boleh dipergunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5. Penambat elastik ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5. Jenis penambat yang tergolong dalam jenis penambat elastic ganda mempunyai berbagai bentuk dengan hak paten tersendiri. Pemilihan model penambat harus disetujui oleh pemberi tugas. Persyaratan bahan untuk penambat harus memenuhi persyaratan bahan pada Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia atau peraturan Dinas No. 10C.

2.5.4 Bantalan

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 bantalan berfungsi meneruskan bahan dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia. Bantalan di bagi dalam berbagai jenis bantalan, yaitu bantalan kayu, baja, bantalan beton tunggal depan, bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses “posttension”, bantalan beton blok ganda. Jarak bantalan Baik bantalan beton, baja maupun kayu, pada jalan lurus jumlah bantalan yang dipergunakan

adalah 1.667 buah tiap kilometer panjang. Pada lengkungan, jarak bantalan diambil sebesar 60 cm diukur pada rel luar.

2.5.5 Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih. Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 Fungsi Utama balas adalah untuk:

1. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar,
2. Mengokohkan kedudukan bantalan,
3. Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

Untuk menghemat biaya pembuatan jalan rel maka lapisan balas dibagi menjadi dua, yaitu lapisan balas atas dengan material pembentuk yang sangat baik dan lapisan alas bawah dengan material pembentuk yang tidak sebaik material pembentuk lapisan balas atas.

2.6 Geometri Jalan

Perencanaan Geometri jalan rel menyangkut perencanaan bentuk dan ukuran jalan rel, baik di arah melebar maupun di arah memanjang. Perencanaan kearah memanjang juga perlu memperhatikan pengaruh lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh keadaan yang perlu dihindari adalah badan jalan rel membendung aliran air permukaan.

2.6.1 Lebar Sepur

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 untuk seluruh kelas jalan rel lebar sepur adalah 1435 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel. Pengukuran lebar sepur dilakukan dengan memakai mal (template). Hubungan matematis antara lebar sepur (S), jarak antara bagian terdalam roda (c), tebal flens roda (f),

dan kelonggaran antara rel dan roda (e) adalah : $S = c + 2f + 2e$. Perlebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Perlebaran sepur dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.

2.6.2 Lengkung Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Lengkung horizontal diklasifikasikan berdasarkan kecepatan rencana (km/jam) seperti pada tabel 2.4, (PM 60,2012)

Tabel 2.4 Jari-jari Minimum yang diijinkan

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
200	6560	2160
190	5920	1950
180	5300	1750
170	4750	1560
160	4200	1400
150	3690	1215
140	3220	1060

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari – jari yang berubah. lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus, bagian lingkaran, dan sebagai peralihan antara kedua jari – jari yang berbeda.

$$R_{\min} = 0,054 \cdot V^2$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} R_{\min} &= 0,054 \cdot 200^2 \\ &= 2160 \end{aligned}$$

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan menggunakan rumus

$$lh = 0,01 \times h \times v$$

2.6.3 Lengkung Vertikal

- lh : Panjang minimum lengkung peralihan (m)
 h : Peninggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (m)
 v : Kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

Alinyemen vertikal yang merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel yang dimaksudkan terdiri dari :

- a. Garis lurus dengan atau tanpa kelandaian
- b. Lengkung vertikal

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 lengkung vertikal dimaksudkan sebagai transisi dari suatu kelandaian ke kelandaian berikutnya, sehingga perubahan kelandaian akan berangsur – angsur dan beraturan. selain itu lengkung juga dimaksudkan untuk memberikan pandangan yang cukup dan keamanan/keselamatan kereta api. Lengkung vertikal sebagai proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal harus memenuhi syarat jari – jari minimum lengkung vertikal berdasarkan kecepatan rencana (lihat tabel 2.5).

Tabel 2.5 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan rencana (Km/Jam)	Jari - Jari Minimum Lengkung Vertikal (Meter)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Pada perencanaan alinyemen lengkung vertikal ditetapkan menggunakan rumus

$$G1 : 1000 \times \text{Grade in}$$

$$G2 : 1000 \times \text{Grade Out}$$

$$R : 8000 \text{ (kecepatan rencana lebih dari 100)}$$

$$A : [G2 - G1]$$

$$X_m : \frac{R}{2} \times \left(\frac{A}{1000}\right)$$

$$Y_m : \frac{R}{8} \times \left(\frac{A}{1000}\right)^2$$

2.6.4 Perlebaran sepur

Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran sepur tiap jari-jari tikungan dapat dilihat pada tabel 2.6. (PM 60, 2012)

Tabel 2.6 Pelebaran Sepur

Jari-Jari Tikungan (m)	Pelebaran (m)
$R > 400$	0
$350 < R \leq 400$	5
$300 < R \leq 350$	10
$250 < R \leq 300$	15
$R \leq 250$	20

2.6.5 Landai

Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi yaitu persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen. Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 landai penentu merupakan suatu kelandaian terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Kelandaian pada emplasemen maksimum yang diijinkan adalah 1,5‰. Landai penentu dan kelandain diklasifikasi berdasarkan ketentuannya masing – masing. (tabel 2.7 dan tabel 2.8)

Tabel 2.7 Landai Penentu

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10‰
2	10‰
3	20‰
4	25‰
5	25‰

Tabel 2.8 Kelandain

Kelompok	Kelandain
Emplasemen	0 sampai 1,5%
Lintas Datar	0 sampai 10%
Lintas pegunungan	10% sampai 40%
Lintas dengan rel gigi	40% sampai 80%

2.7 Jalur Rel Kereta Api

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api pada Bab 1 Pasal 1:

1. Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
2. Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
3. Jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rei yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.
4. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.

2.8 Teknis Jalur Kereta Api

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012, pada Pembangunan jalur Kereta Api di luar pulau Jawa dan Sumatera menggunakan lebar rel atau standard gauge berukuran 1435 mm sehingga memungkinkan kecepatan maksimal dapat mencapai 160 km/jam dengan realisasi kecepatan 120 km/jam. Pada pulau Jawa dan Sumatera hanya menggunakan lebar rel 1067 mm dengan kecepatan maksimal kereta mencapai

90-100 km/jam. Konstruksi jalan rel di bagi menjadi 2 yaitu konstruksi jalan rel bagian atas dan konstruksi jalan rel bagian bawah. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum dari kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel. Toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 dan +3.

2.8.1 Peninggian Jalan Rel

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Peninggian jalan rel diatur berdasarkan pengelompokan seperti tabel 2.9.

Tabel 2.9 Peninggian Jalan Rel 1435

Jari - Jari (m)	Peninggian (m) Pada Setiap Kecepatan Rencana (km/jam)										
	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60
100											
150											
200											150
250											120
300										135	100
350									150	115	85
400									130	100	75
450								150	120	90	65
500								135	105	80	60
550							150	120	95	75	55
600							135	110	90	70	50
650							125	105	80	65	45
700						145	120	95	75	60	45
750						135	110	90	70	55	40
800					150	125	105	85	65	50	40
850					140	120	100	80	65	50	35
900					130	110	90	75	60	45	35
950				145	125	105	90	70	55	45	35
1000				140	120	100	85	70	55	40	30
1100			145	125	110	90	75	60	50	40	30
1200			135	115	100	85	70	55	45	35	25
1300		145	125	110	90	80	65	55	40	35	25
1400	150	135	115	100	85	75	60	50	40	30	25
1500	140	125	110	95	80	70	55	45	35	30	20
1600	130	115	100	90	75	65	55	45	35	25	20

1700	125	110	95	85	70	60	50	40	35	25	20
1800	120	105	90	80	65	55	45	40	30	25	20
1900	110	100	85	75	65	55	45	35	30	25	20
2000	105	95	80	70	60	50	45	35	30	20	15
2500	85	75	65	55	50	40	35	30	25	20	15
3000	70	65	55	50	40	35	30	25	20	15	10
3500	60	55	50	40	35	30	25	20	15	15	10
4000	55	50	40	35	30	25	25	20	15	10	10

Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah terdiri dari badan jalan, proteksi lereng, drainase. Lebar formasi badan jalan (tidak termasuk pam tepi) adalah jarak dari sumbu jalan rel ke tepi terluar formasi badan jalan sesuai kecepatan maksimum desain seperti tabel 2.10.

Tabel 2.10 Lebar Badan Jalan

Kecepatan Maksimum Desain	L
	Rel 1435 mm (cm)
120 km/jam dan 110 km/jam jalur	426 (396)
100 km/jam jalur	396 (366)
90 km/jam jalur	366 (336)
80 km/jam jalur	335 (305)

2.8.2 Konstruksi Badan Jalan

Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran (PM 60, 2012). 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 dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.

2.8.3 Konstruksi Badan Jalan Pada Timbunan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 bagian atas timbunan setebal minimum 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,50 m dan permukaannya memiliki kemiringan 5%. Lokasi berm harus mengikuti hal-hal seperti tercantum

pada gambar di bawah, menunjukkan penampang standar untuk konstruksi timbunan:

1. Terletak pada batas antara timbunan atas dan timbunan bawah (pada kedalaman 3 m dari permukaan formasi).
2. Pada setiap kedalaman 6 m dari batas antara timbunan atas dan timbunan bawah. Jika tinggi timbunan kurang dari 6 m, berm dapat ditiadakan.

2.9 Penghubung Timbunan Dengan Struktur

Bagian timbunan yang mendekati struktur harus direncanakan tidak akan menyebabkan terjadinya penurunan beda (differential settlement). Stabilisasi dengan batu pecah, terak pecah (crushed slag), tanah semen dan lain-lain direkomendasikan sebagai material untuk blok yang menghampiri struktur (approach block), (PM 60,2012)

2.10 Konstruksi Badan Jalan Pada Daerah Galian

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 kemiringan tanah dasar harus miring ke arah luar sebesar 5%. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 6 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.

2.11 Perbaikan Tanah untuk Konstruksi Badan Jalan

Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, atau lereng timbunan tidak cukup stabil, maka perlu diadakan perbaikan tanah. Penurunan sisa (residual settlement) yang diijinkan maksimum 10 cm, (PM 60,2012).

2.12 Proteksi Lereng

Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng. Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi), (PM 60, 2012).