LAMPIRAN I
PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR PM 7 TAHUN 2022
TENTANG PENYELENGGARAAN KERETA API
KECEPATAN TINGGI

1. PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API KECEPATAN TINGGI

I. UMUM

A. Maksud dan Tujuan

1. Maksud

Peraturan Menteri ini dimaksudkan sebagai pedoman teknis bagi penyelenggara prasarana perkeretaapian dalam pembangunan jalur kereta api kecepatan tinggi yang menjamin keselamatan dan keamanan operasional kereta dengan muatan orang.

2. Tujuan

Peraturan Menteri ini bertujuan agar jalur kereta api kecepatan tinggi yang dibangun dan digunakan berfungsi sesuai peruntukannya dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi, mudah dirawat dan dioperasikan.

B. Ruang Lingkup

1. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi

Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi dalam peraturan ini mengatur standar teknis jalur kereta api kecepatan tinggi dan mengatur persyaratan teknis jalur kereta api kecepatan tinggi.

Persyaratan teknis jalur kereta api kecepatan tinggi meliputi persyaratan sistem dan komponen:

a. Persyaratan sistem

Persyaratan sistem jalur kereta api kecepatan tinggi merupakan kondisi yang harus dipenuhi untuk berfungsinya suatu jalur kereta api kecepatan tinggi meliputi:

- 1) Jalan rel;
- 2) Jembatan;
- 3) Terowongan.

b. Persyaratan komponen

Persyaratan komponen jalur kereta api kecepatan tinggi merupakan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi setiap komponen sebagai bagian dari sistem jalur kereta api kecepatan tinggi meliputi:

- 1) Jalan Rel;
- 2) Jembatan;
- 3) Terowongan.

2. Persyaratan Tata Letak, Tata Ruang dan Lingkungan

Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan, merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam perencanaan, pembangunan, dan pengoperasian jalur kereta api kecepatan tinggi.

C. Jenis Kereta, Kecepatan, Beban Gandar, dan Lebar Jalan Rel

1. Jenis Kereta

Jenis kereta ditentukan berdasarkan:

- a. Kecepatan maksimum;
- b. Beban gandar maksimum;
- c. Lebar jalan rel.

Tabel 1.1 Penggolongan/Klasifikasi Jenis Kereta

Jenis Kereta Api	Kecepatan Maksimum (V, Km/J)	Beban Gandar (P, ton)	Lebar Jalan Rel (mm)	Fungsi Pelayanan	Wilayah Operasiona 1
Kereta kecepatan tinggi > 200 km/jam	350	P ≤ 18	1435	Penumpang	Antar Kota

2. Kecepatan

a. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel yang terdiri dari:

- 1. Perencanaan struktur jalan rel
- 2. Perencanaan geometri jalan rel

b. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi kereta api yang diizinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu.

c. Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

3. Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar sesuai dengan penggolongan kereta.

Beban gandar rencana untuk analisis dan perencanaan dimensi struktur jalan rel pada kereta api kecepatan tinggi disesuaikan dengan kebutuhan operasi kereta api.

4. Lebar Jalan Rel

Lebar jalan rel adalah jarak terpendek antara kedua kepala rel yang diukur dari masing-masing sisi dalam kepala rel. Lebar jalan rel yang dimaksud untuk kereta api kecepatan tinggi adalah 1435 mm.

D. Perencanaan Konstruksi Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi

Perencanaan konstruksi jalur kereta api kecepatan tinggi harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.

Secara teknis diartikan konstruksi jalur kereta api kecepatan tinggi harus aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya. Konstruksi jalur kereta api kecepatan tinggi harus dapat menjamin pergerakan/operasional kereta yang aman dan stabil, dengan memperhatikan sarana kereta api kecepatan tinggi, kecepatan desain maksimum, dan faktor relevan lain seperti jumlah beban, kecepatan maksimum operasi, beban gandar, dan pola operasi.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi dapat diselenggarakan dengan tingkat biaya yang optimum dengan kualitas *output* terbaik dan tetap menjamin keamanan, kehandalan, dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur kereta api kecepatan tinggi dipengaruhi oleh jenis kereta api, kecepatan rencana, beban gandar, dan lebar jalan rel.

II.PERSYARATAN TATA LETAK, TATA RUANG DAN LINGKUNGAN

A. Umum

Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan meliputi persyaratan peruntukan lokasi, pengalokasian ruang, dan lingkungan.

B. Peruntukan Lokasi

Pembangunan jalur kereta api kecepatan tinggi harus sesuai dengan rencana trase jalur kereta api kecepatan tinggi yang sudah ditetapkan.

C. Pengalokasian Ruang

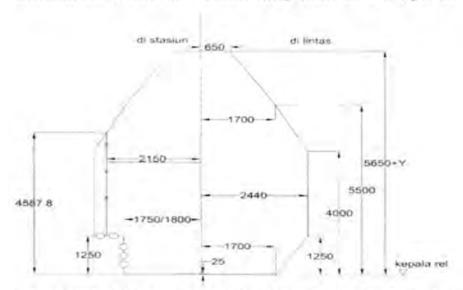
Pengalokasian ruang jalur kereta api diperlukan untuk kepentingan perencanaan dan pengoperasian.

1. Pengalokasian Ruang untuk Perencanaan

- a. Untuk kepentingan perencanaan, suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari :
 - 1) ruang manfaat jalur kereta api;
 - 2) ruang milik jalur kereta api; dan
 - 3) ruang pengawasan jalur kereta api.
- b. Ketentuan mengenai ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api dan ruang pengawasan jalur kereta api sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2. Pengalokasian Ruang untuk Pengoperasian

- a. Untuk kepentingan operasi suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang bebas.
- b. Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Ukuran ruang



bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung sebagaimana pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 Ruang Bebas untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi (satuan: mm)

- --x—x—x ruang bebas sinyal kereta api, kolom struktur ruang tunggu elevated, dan kolom Listrik Aliran Atas (Overhead Contact Line System), jembatan layang, jembatan penyeberangan, fasilitas penerangan, dan shelter peron (tidak berlaku untuk jalur utama).
- --o—o—o (1) Ruang bebas peron (1750 mm untuk peron kedatangan dan keberangkatan); 1750 mm untuk peron jalur

utama di mana kecepatan tidak lebih dari 80 km/jam; 1800 mm untuk peron jalur utama di mana kecepatan lebih dari 80 km/jam).

(2) Ruang bebas dari sinyal berangkat dan sinyal masuk yang beroperasi ≥ 1800 mm.

dimensi dasar berlaku untuk jembatan dan terowongan.

Y adalah ketinggian Δ (selisih penambahan) sistem Listrik Aliran Atas (LAA).

Ketinggian Y adalah 1.600 mm. Dalam kondisi tertentu, ketinggian minimum Y tidak boleh kurang dari 600 mm (≥600 mm) pada kecepatan maksimum 350 km/jam. Ketinggian minimum Y tidak boleh kurang dari 500 mm (≥500 mm) pada kecepatan maksimum 250 km/jam.

Pelebaran ruang bebas pada posisi lengkung dapat dilihat pada Gambar A-1 dan A-2.

Pelebaran Ruang Bebas di Bagian Lengkung

Pelebaran ruang bebas pada posisi lengkung diperhatikan saat kereta mengalami pergerakan kesisi dalam lengkung dikarenakan adanya peninggian. Dan pelebaran tersebut dihitung menurut rumus berikut:

$$W_1 = \frac{H}{1500}h$$

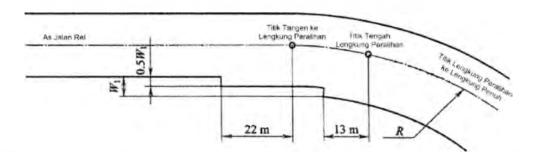
Keterangan:

 W_1 : pelebaran di sisi dalam lengkung (mm);

H: tinggi dari atas rel ke titik perhitungan (mm);

h : peninggian rel luar (mm).

Pelebaran sesuai pada Gambar A-1 meliputi pelebaran pada area lengkung penuh, lengkung peralihan, dan lurusan.



Gambar A-1 Metode Pelebaran Ruang Bebas pada Lengkung

Dalam kondisi diperlukan pelebaran di kedua sisi ruang bebas (sisi dalam dan sisi luar) pada posisi lengkung, memperhatikan fasilitas-fasilitas yang berada di area ruang bebas meliputi: fasilitas persinyalan, struktur kolom dari elevated waiting room, tiang LAA, kolom overpass, jembatan penyeberangan, fasilitas penerangan, dan lain-lain.

Pelebaran sebagamana 531. Di sisi dalam lengkung (mm): $W_1 = \frac{40.500}{R} + \frac{H}{1500}h$

$$W_1 = \frac{40.500}{R} + \frac{H}{1500}h$$

$$W_2 = \frac{44000}{R}$$

Di sisi luar lengkung (mm): $W_2 = \frac{44000}{R}$ Nilai pelebaran total di kedua sisi dalam dan luar lengkung (mm): $W = W_1 + W_2 = \frac{84.500}{R} + \frac{H}{1500}h$

$$W = W_1 + W_2 = \frac{84,500}{R} + \frac{H}{1500}h$$

Keterangan:

R: jari-jari lengkung (m);

H: tinggi dari atas rel ke titik perhitungan (mm);

h : peninggian rel luar (mm);

W1: pelebaran sisi dalam lengkung;

W2: peleberan sisi luar lengkung.

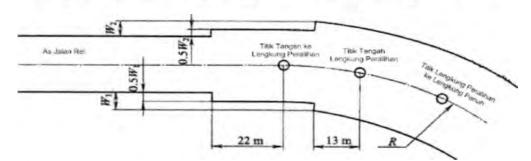
Nilai $\frac{H}{1500}h$ juga dapat dihitung dengan memutar ruang bebas dengan sudut di area bagian atas rel bagian dalam.

$$\theta = \arctan \frac{h}{1500}$$

Keterangan:

 θ : sudut perputaran

Pelebaran sesuai pada Gambar A-2 meliputi pelebaran pada area lengkung penuh, lengkung peralihan, dan sebagian lurusan.



Gambar A-2 Metode Pelebaran Ruang Bebas pada Lengkung (dua sisi)

III. PERSYARATAN TEKNIS JALUR DAN BANGUNAN KERETA API KECEPATAN TINGGI

A. Persyaratan Jalan Rel

1. Persyaratan Sistem

1.1. Umum

- a. Jalan rel direncanakan sesuai dengan klasifikasi jalur untuk melewatkan berbagai jumlah angkutan penumpang dan/atau barang dalam suatu jangka waktu tertentu.
- b. Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.
- c. Secara teknis konstruksi jalan rel harus dapat dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu dengan memperhatikan sarana kereta api, kecepatan rencana dan faktor relevan lain seperti jumlah beban, beban gandar dan pola operasi.
- d. Secara ekonomis pembangunan dan perawatan konstruksi jalan rel dapat diselenggarakan secara efisien serta tetap menjamin keamanan, ketahanan konstruksi, dan kenyamanan.
- e. Sistem jalan rel terdiri dari konstruksi bagian atas dan konstruksi bagian bawah yang dibangun di permukaan tanah (atgrade), melayang (elevated), dan bawah tanah (underground).
- f. Konstruksi bagian atas harus memenuhi persyaratan :
 - 1) Persyaratan geometri;
 - 2) Persyaratan ruang bebas;
 - 3) Persyaratan beban gandar; dan
 - 4) Persyaratan material dan komponen.
- g. Konstruksi bagian bawah harus memenuhi persyaratan stabilitas dan persyaratan daya dukung.

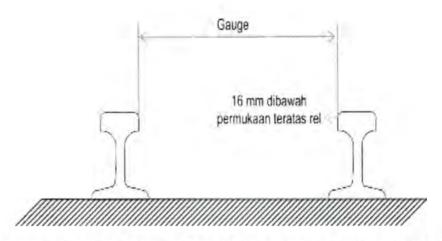
1.2. Konstruksi Jalan Rel Bagian Atas

1.2.1. Persyaratan Umum

- a. Geometri jalan rel direncanakan berdasarkan kecepatan rencana serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi, dan kondisi geografis.
- b. Persyaratan geometri yang wajib dipenuhi meliputi:
 - 1) Kelandaian;
 - Lengkung horizontal;
 - 3) Lengkung vertikal;
 - 4) Lebar jalan rel;
 - 5) Peninggian jalan rel; dan
 - 6) Jarak antar as jalan rel.

1.2.2. Lebar Jalan Rel

- a. Lebar jalan rel adalah jarak terpendek antara kedua kepala rel yang diukur dari masing-masing sisi dalam kepala rel. Lebar jalan rel yang dimaksud untuk kereta api kecepatan tinggi adalah 1435 mm.
- b. Lebar jalan rel kereta api kecepatan tinggi merupakan jarak kedua sisi kepala rel yang diukur pada 16 mm dibawah permukaan teratas rel, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Metode Pengukuran Lebar Jalan Rel (w)

Keterangan:

w = lebar jalan rel (gauge)

c. Toleransi lebar jalan rel pada saat *track laying* untuk Jalur *Ballasted*.

Tabel 3.1 Toleransi Lebar Jalan Rel Saat Track Laying Untuk Jalur Ballasted

		menus amana						
	Toleransi yang diizinkan (mm)							
Item	≤ V ≤ 350km/jam		V = 160km/jam	V = 120km/jan				
Lebar jalan rel	±2	±2	+4 -2	+6 -2				
Rasio Perubahan	1/1500	1/1500		4				

Keterangan: (V) merupakan kecepatan rencana (V rencana)

d. Toleransi lebar jalan rel pada saat *track laying* untuk Jalur *Ballastless*.

Tabel 3.2 Toleransi Lebar Jalan Rel Saat Track Laying
Untuk Jalur Ballastless

	U	iituk baiui L	uttustiess					
	Toleransi yang diizinkan (mm)							
Item	250km/jam ≤ V ≤ 350km/jam	V = 200km/jam	V = 160km/jam	V = 120km/jam				
Lebar jalan rel	±1	±2	±2	+3				
Rasio Perubahan	1/1500	1/1500	4	-				

Keterangan: (V) merupakan kecepatan rencana (V rencana)

 Toleransi lebar jalan rel pada saat track laying dan operasi sebagaimana tabel berikut:

Tabel 3.3 Toleransi Lebar Jalan Rel Untuk Kecepatan Rencana 200 s/d
250 Km/Jam (Ballasted)

Item	Track laying	Perawatan ringan	Perawatan sedang	Pembatasan kecepatan (160 km/j)
Lebar jalan rel 1435	+2	+4	+6	+8
(mm)	-2	-2	-4	-6

Tabel 3.4 Toleransi Lebar Jalan Rel Untuk Kecepatan Rencana Lebih Dari 250 s/d 300 Km/Jam (Ballasted)

Item	Track laying	Perawatan ringan	Perawatan sedang	Pembatasan kecepatan (200 km/j)	
11 11 11425 /	+2	+4	+5	+6	
Lebar jalan rel 1435 (mn	-2	-2	-3	-4	

Tabel 3.5 Toleransi Lebar Jalan Rel untuk kecepatan rencana 200 s/d 250 Km/jam (Ballastless)

Item	Track laying	Perawatan ringan	Perawatan sedang	Pembatasan kecepatan (160 km/j)	
Lebar jalan rel 1435	+1	+4	+6	+8	
(mm)	-1	-2	-4	-6	

Tabel 3.6 Toleransi Lebar Jalan Rel Untuk Kecepatan Rencana di atas 250 km/jam - 350 km/Jam (Ballastless)

Item	Track laying	Perawatan ringan	Perawatan sedang	Pembatasan kecepatan (200 km/j)	
Lebar jalan rel 1435	.+1	+4	+5	+6	
(mm)	-1	-2	-3	-4	

1.2.3. Kelandajan

- a. Persyaratan kelandaian harus memenuhi persyaratan landai penentu dan persyaratan landai emplasemen.
- b. Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus.
- c. Persyaratan kelandaian harus memenuhi persyaratan seperti yang dinyatakan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.7. Kelandaian Pada Area Perjalanan Kereta Api Kecepatan Tinggi

	Kelandaian				
Daerah	Jalur utama	Jalur ke arah depo			
Jalur utama: Normal Kondisi tertentu	≤ 20 °/00 ≤ (30°/00) (2)	≤ 30 °/₀0 ≤ (35 °/₀0) (2)			
Jalur utama di stasiun	<	1 0/00			
Jalur utama di <i>overtaking</i> station atau Stasiun Operasi	≤ 6	5 0/00 (3)			

Keterangan:

- (1) EMU (Electric Multiple Unit): serangkaian kereta dengan penggerak lebih dari satu selama operasi dan perawatan seharihari
- (2) dalam kondisi tertentu (alasan topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain)
- (3) area pemberhentian yang tidak digunakan untuk parkir dan tidak untuk keberangkatan dan kedatangan
- (4) jika lebih besar dari 30 ‰ menggunakan jalur tipe ballastless

d. Panjang minimum kelandaian diambil kelipatan dari 50 m, dihitung sesuai dengan rumus:

 $l_p = (\Box i_1 + \Box i_2)/2 \times R_{sh} + 0.4 v$ Keterangan:

 l_p : panjang minimum untuk kelandaian (m) $\Box i_1$ dan : perbedaan kelandaian untuk kedua bagian

V : kecepatan rencana (km/j)

R_{sh} : jari-jari lengkung vertikal (m)

e. Panjang minimum kelandaian (grade section) pada jalur utama tidak boleh kurang dari 900 m (≥900m) untuk kondisi normal dan tidak boleh kurang dari 600 m (≥600m) pada kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).

f. Panjang minimum kelandaian sebelum dan sesudah pada posisi pemberhentian kereta di stasiun tidak boleh kurang

dari 400 m (≥400m).

g. Panjang minimum kelandaian untuk jalur menuju ke depo *EMU* tidak boleh kurang dari 200 m (≥200 m), dan dua lengkung vertikal yang berdekatan tidak boleh *overlap*.

h. Ketika perbedaan antara kelandaian yang berdekatan pada jalur utama tidak boleh kurang dari 1‰ (≥ 1‰), maka digunakan lengkung vertikal (tipe lengkung penuh) sebagai penghubung.

 Desain kelandaian untuk jalur utama di stasiun harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Jalur utama pada posisi pararel dengan panjang efektif jalur kedatangan-keberangkatan, harus direncanakan datar (0 ‰). Jika tidak dimungkinkan menghindari adanya kelandaian, maka kelandaian tidak boleh lebih besar dari 1‰. (≤ 1 ‰).
- 2) Kelandaian jalur utama di stasiun operasi tidak boleh lebih besar dari 6‰. (≤ 6 ‰).
- 3) Kelandaian jalur utama di daerah awal stasiun (throat area) harus konsisten dengan panjang efektif jalur kedatangan-keberangkatan. Dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lainlain), tidak boleh lebih besar dari 2,5‰ (≤2,5‰) untuk stasiun asal/awal dan tidak boleh lebih besar dari 6‰ (≤6‰) untuk stasiun antara.
- Jalur utama pada posisi pararel dengan panjang efektif jalur kedatangan-keberangkatan, harus berada dalam satu kelandaian.

1.2.4. Lengkung Horizontal

a. Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkunglengkung peralihan.

b. Lengkung Lingkaran

 Jari-jari minimum lengkung yang berbentuk lingkaran diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R_{min} = 11.8 \frac{V^2}{(h_r + h_a)}$$

Keterangan:

 R_{min} : radius minimum lengkung dari sumbu jalan

rel (m)

V : kecepatan rencana (km/jam)

h_r: peninggian rel rencana di lapangan (mm)
 h_q: defisiensi peninggian rel/cant deficiency (mm)

Nilai jari-jari minimum lengkung dengan berbagai kecepatan rencana dan peninggian jalan rel untuk jalur jalan rel 1435 mm dapat dilihat di Tabel C-1 pada Daftar Tabel.

- 2) Jari-jari lengkung direncanakan agar tidak mengganggu keselamatan pergerakan kereta, mempertahankan kemampuan lengkung, kecepatan operasi, dan faktor – faktor yang berkaitan lainnya.
- 3) Jika karena keterbatasan topografi atau ketersediaan lahan menyebabkan jari-jari lengkung dan peninggian yang dipilih pada jalur utama/wesel tidak memenuhi kecepatan rencana, maka batasan kecepatan maksimum pada lengkung pada jalur utama/wesel tersebut harus ditetapkan dengan menggunakan persamaan:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{R_r(h_r + h_d)}{11,8}} \approx 0.29 \sqrt{R_r(h_r + h_d)}$$

Keterangan:

V_{max} : kecepatan maksimum yang diijinkan pada

lengkung (km/jam)

R_r : radius lengkung rencana dari sumbu jalan rel

(m)

h_r: peninggian rel aktual rencana (mm)

h_d : batasan defisiensi peninggian rel/cant

deficiency (mm)

c. Lengkung Peralihan

 Lengkung peralihan (transition curve) ditetapkan untuk mengeliminasi perubahan gaya sentrifugal sedemikian rupa sehingga penumpang di dalam kereta terjamin keselamatan dan kenyamanan. Lengkung peralihan diperlukan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil.

2) Panjang dari lengkung peralihan untuk kereta api kecepatan tinggi tidak boleh kurang dari nilai yang dihitung berdasar persamaan-persamaan berikut:

Mempertimbangkan kemiringan peninggian (superelevation slope):

$$L_1 \ge \frac{h_r}{imax} = 0.5h$$

tingkat maksimum kemiringan peninggian jalan rel (imax) tidak boleh lebih besar dari 2 ‰ (≤2 ‰).

Panjang lengkung peralihan dalam pertimbangan peninggian aktual dan tingkat variabel waktu peninggian:

 $L_2 \ge \frac{V}{3.6} \cdot \frac{h_r}{[f]}$

Keterangan:

V: kecepatan rencana (km/jam)

[f]: nilai yang diizinkan oleh tingkat variabel waktu peninggian (mm/dtk), diambil dengan nilai 25 mm/dtk dalam kondisi sangat baik, 28 mm/dtk dalam kondisi umum atau 31 mm/dtk dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).

Panjang lengkung peralihan dalam pertimbangan defisiensi peninggian dan tingkat variabel waktu defisiensi peninggian:

 $L_3 \ge \frac{V}{3.6} \cdot \frac{h_q}{[\beta]}$

Keterangan:

V : kecepatan rencana (km/jam)

[β]: tingkat variabel waktu defisiensi peninggian yang diizinkan (mm/dtk), diambil dengan nilai 23 mm/dtk dalam kondisi umum atau 38 mm/dtk dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).

 h_q : desain defisiensi peninggian lengkung penuh (mm)

3) Panjang dari lengkung peralihan untuk kereta api kecepatan tinggi harus memenuhi 3 formula di atas. Panjang lengkung peralihan dapat menggunakan tabel di bawah ini. Tabel 3.8 Panjang Lengkung Peralihan dengan Jari-Jari dan Kecepatan

Kecepatan rencana (km/jam)		350			300			250			
Jari-jari Lengkung (m)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)		
12000	370	330	300	220	200	180	140	130	120		
11000	410	370	330	340	210	190	160	140	130		
10000	470	420	380	270	240	220	170	150	140		
9000	530	470	430	300	270	250	190	170	150		
8000	590	530	470	340	300	270	210	190	170		
7000	670	590	540	200	250	350 310	10 240	220	100		
7000	680	610	550	390	350				190		
6000	670	590	540	450	140	070	370	200	250	000	
6000	680*	* 610* 550* 450 410 370	3/0	280 250	250	230					
5500	670	590	540	400	440	200	390 310	240	0 210	200	050
5500	680*	610*	550*	490	440	390		280	250		
5000	. = 1			540	480	430	340	300	270		
4500				570	510	460	380	340	240		
4500				585*	520*	470*		340	310		
4000				570	510	460	420	200	340		
4000				585*	520*	470*	12	380	340		
3500				-			480	430	380		
3200							480	430	380		
3000							480	430	380		
3000							490*	440*	400		
2800							480	430	380		
2000							490*	440*	400		

Keterangan (1) kondisi ideal dimana time variable rate f=25 mm/detik,

⁽²⁾ kondisi yang disarankan dimana time variable rate f=28 mm/detik,

⁽³⁾ kondisi minimal dimana time variable rate f=31 mm/detik

^{*:} mengidentifikasikan peninggian rel rencana 175 mm

Tabel 3.9 Panjang Lengkung Peralihan dengan Batas Kecepatan

Jari-jari					cana (kn			
lengkung (m)		00		0	12		8	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
12000	70	60	40	40	20	20	1.0	
11000	70	60	40	40	20	20	7	
10000	80	70	40	40	20	20		
9000	90	80	50	40	30	20		-
8000	100	80	50	40	30	20	20	20
7000	110	90	60	50	30	30	20	20
6000	130	110	70	60	30	30	20	20
5500	150	120	80	60	30	30	20	20
5000	160	130	80	70	40	30	20	20
4500	180	150	90	70	50	40	20	20
4000	200	160	110	90	50	40	20	20
3500	230	190	120	90	50	40	20	20
3000	270	220	140	110	60	50	20	20
2500	300	240	160	130	70	60	30	20
2200	320	260	180	140	80	60	30	20
2000	320	260	200	160	90	70	30	30
1900			210	170	90	70	40	30
1800			230	180	90	80	40	30
1600			240	200	110	90	40	30
1500			260	210	110	90	40	40
1400			260	210	120	100	40	40
1300					125	100	50	40
1200					140	110	50	40
1100					150	120	60	50
1000					170	140	60	50
900					180	150	70	60
800					180	150	80	60
700							90	70
600							100	80
550							100	80
500							100	80
450							120	90
400				-		-	120	100

Keterangan (1) kondisi ideal dimana time variable rate f=25 mm/detik,

(2) kondisi mnimal dimana time variable rate f=31 mm/detik

4) Panjang minimum lurusan atau peralihan antara 2 lengkung berdekatan atau lengkung penuh diantara 2 lengkung peralihan.

a) Panjang minimum lurusan atau peralihan antara dua lengkung berdekatan atau panjang lengkung penuh antara dua lengkung peralihan harus sesuai dengan rumus berikut dan harus sesuai dengan persyaratan yang ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Dalam kondisi normal: L ≥ 0,8 V

Dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi

teknis di lapangan, dan lain-lain) : L ≥ 0,6 V

Keterangan:

L: panjang minimum lurusan atau peralihan

antara dua lengkung berdekatan (m)

V: kecepatan rencana (km/j)

Tabel 3.10 Panjang Minimum Lurusan Atau Peralihan Antara Dua Lengkung Berdekatan Atau Panjang Lengkung Penuh Antara Dua

Lengkung Ferannan								
Kecepatan rencana (km/jam)	350	300	250	200	160			
Panjang minimum lurusan antara lengkung atau lengkung penuh antara dua lengkung peralihan (m)	280 (210)	240 (180)	200 (150)	160 (120)	130 (100)			

Keterangan: (...) merupakan nilai minimum dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).

b) Panjang minimum lurusan atau peralihan antara wesel dengan lengkung peralihan atau transisi pada jalur utama dihitung sesuai dengan rumus berikut dan harus sesuai dengan persyaratan yang ditunjukkan pada Tabel 3.11.

Dalam kondisi normal: L≥0,6 V

Dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain) : $L \ge 0.5 V$ Keterangan:

L: panjang minimum lurusan atau peralihan antara dua lengkung berdekatan (m)

V : kecepatan rencana (km/jam)

Tabel 3.11 Panjang Minimum Lurusan Atau Peralihan Antara Lengkung Dan Wesel Pada Jalur Utama

Kecepatan rencana (km/jam)	350	300	250	200	160
Panjang minimum lurusan atau peralihan antara lengkung dan wesel	210 (170)	180 (150)	150 (120)	120 (100)	100 (80)

Keterangan: (...) kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).

- c) Desain untuk jalur operasi depo harus memenuhi syarat berikut:
 - (1) Kecepatan rencana kurang dari sama dengan 120 km/jam (≤120 km/jam);
 - (2) Jari-jari lengkung lebih besar dari 800 m, untuk kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain) lebih besar dari 300 m;
 - (3) Bagian lurusan pada jalur ganda, jarak minimum antara as jalan rel lebih besar sama dengan 4 m (≥ 4m):
 - (4) Untuk bagian lengkung, pelebaran jarak antar as jalan rel dihitung berdasarkan pergerakan keseimbangan kereta dan peninggian jalan rel;
 - (5) Panjang minimum lengkung penuh atau lurusan, lebih besar sama dengan 50 m (≥50m) dan dalam

kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain) lebih besar sama dengan 25 m (≥25m).

1.2.5. Lengkung Vertikal

a. Lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana dinyatakan dalam Tabel 3.12 dan Tabel 3.13.

Tabel 3.12 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi

Kecepatan Rencana (km/jam)	350	300	250	200
Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)	25000	25000	20000	15000

Tabel 3.13 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal Jalur Kereta Api Kecepatan Tinggi Pada Kecepatan Rendah

Kecepatan Rencana (km/jam)	200	160	120	80
Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)	15000	15000	10000	5000

- b. Panjang jari-jari lengkung vertikal kurang dari sama dengan 30.000 meter (≤ 30.000 m).
- c. Panjang minimum lengkung vertikal lebih besar sama dengan dari 25 m (≥ 25 m).
- d. Jarak minimum antara titik awal/akhir lengkung vertikal dengan lengkung horizontal lebih besar sama dengan 20 m (≥ 20 m). Lengkung vertikal tidak diperbolehkan tumpang tindih (overlap) dengan lengkung peralihan atau wesel.
- e. Tidak diijinkan terjadi tumpang tindih (overlap) antara lengkung vertikal dan lengkung horizontal. Namun, apabila pada kondisi yang tidak memungkinkan maka besarnya jari-jari lengkung minimum ditunjukkan pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Jari-Jari Minimum Lengkung Saat Lengkung Vertikal Tumpang Tindih (*Overlap*) dengan Rencana Lengkung Penuh Horizontal

Kecepatan Rencana (km/j)			350	300	250
Jari-Jari Minimum	Dengan	Kondisi normal	7000	5000	3500
Lengkung Horizontal (m)	balas	Kondisi tertentu	6000	4500	3000
Jari-Jari Minimum	Tanpa	Kondisi normal	7000	5000	3200
Lengkung Horizontal (m)	balas	Kondisi tertentu	5500	4000	2800
Jari-Jari Minimum Ler	ngkung Ver	rtikal (m)	25000	25000	20000

Kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain) digunakan dengan pertimbangan perbandingan aspek teknis dan ekonomi

f. Ketika perbedaan gradien antara gradien yang berdekatan pada jalur ke arah Depo lebih besar dari 3‰, maka harus dibuat lengkung vertikal. Radius lengkung vertikal tidak boleh lebih kecil dari 5000 m (≥ 5000m), dan dalam kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain) tidak boleh lebih kecil dari 3000 m (≥ 3000m).

1.2.6. Peninggian Jalan Rel

- a. Pada lengkung, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta.
- b. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam sesuai elevasi rencana dan rel luar lebih tinggi.

c. Beberapa peninggian yang diperlukan:

- Peninggian rel normal (kondisi keseimbangan)
 Peninggian rel normal (equilibrium cant) didasarkan pada gaya maksimum yang mampu dipikul oleh gaya berat kereta api kecepatan tinggi dan peninggian rel sehingga konstruksi jalan rel tidak memikul gaya sentrifugal dan percepatan arah lateral adalah nol (terkompensasi penuh oleh peninggian).
- 2) Peninggian rel aktual rencana Peninggian rel yang terpasang di lapangan dengan batasan peninggian maksimum serta minimum yang diijinkan sesuai perhitungan.
- Peninggian rel maksimum
 Peninggian rel maksimum adalah batas maksimum kemiringan rel dengan pertimbangan:
 - a) Keamanan dari bahaya guling untuk kereta yang melintas dengan kecepatan lebih rendah dari kecepatan rencana dan kemungkinan apabila kereta harus melakukan perlambatan/berhenti di jalur lengkung apabila terjadi gangguan operasi atau perawatan.
 - b) Kenyamanan penumpang.

4) Peninggian rel minimum

Peninggian rel minimum dihitung berdasarkan stabilitas kereta api kecepatan tinggi yang melintas dengan kecepatan maksimum yang diijinkan pada daerah lengkung dan merupakan batas kemiringan agar tercapai keselamatan dan keamanan serta kemudahan dalam pemeliharaan.

- 5) Defisiensi peninggian rel (cant deficiency)
 Ada kalanya dengan beberapa alasan, peninggian aktual
 tidak dapat dilaksanakan sebesar peninggian rel normal,
 sehingga percepatan arah lateral tidak dapat
 terkompensasi secara penuh. Hal ini dapat disebabkan
 oleh:
 - a) Adanya kemungkinan kereta harus berhenti atau berjalan lebih lambat di daerah lengkung, misalnya

saat terjadi gangguan operasi atau pada saat dilakukan perawatan jalur.

b) Tidak semua kereta yang beroperasi mempunyai kecepatan yang sama, misalnya untuk sistem operasi lalu lintas campuran antara kereta penumpang dan kereta khusus.

Ketika peninggian rel aktual yang direncanakan lebih rendah dari peninggian normal, maka selisih antara peninggian aktual dengan peninggian normal disebut defisiensi peninggian rel (cant deficiency).

Batasan utama dalam menentukan defisiensi peninggian rel yang diizinkan berdasarkan:

- Kenyamanan penumpang, yaitu batasan percepatan arah lateral yang masih dapat dirasakan secara nyaman oleh penumpang kereta yang berkecepatan lebih tinggi;
- b) Teknologi suspensi kereta yang digunakan (dengan atau tanpa *tilting*);
- c) Kondisi geometri dan perawatan jalur, dalam hal ini adalah berkenaan dengan tingkat toleransi ketidakseragaman geometri jalur (track irregularity);
- d) Jenis konstruksi jalur, dalam kaitan dengan kemampuan jalur untuk menahan gaya-gaya statis dan dinamis;
- e) Ketahanan jalur terhadap gaya-gaya lateral (lateral track resistance).
- 6) Kelebihan peninggian rel (cant excess)
 Kelebihan peninggian rel terjadi ketika peninggian aktual
 yang direncanakan lebih tinggi dari peninggian normal
 yang dibutuhkan oleh kereta yang melintas lebih lambat.
 Batasan dalam kelebihan peninggian rel berdasarkan
 keamanan kereta terhadap bahaya guling jika melintas
 dengan kecepatan yang lebih rendah.
- d. Kecepatan rencana yang dipakai untuk perencanaan peninggian rel pada lengkung memperhatikan beberapa kecepatan yang melintas pada lengkung tersebut.
- e. Persamaan terkait dengan penetapan peninggian rel diatur sebagai berikut :
 - 1) Peninggian rel normal pada kondisi keseimbangan dimana percepatan lateral adalah nol:

$$h_n = \frac{Br \cdot V^2}{127 \cdot R}$$

Dimana : $h_n = h_r + h_q$

Untuk penyederhanaan Br sama dengan lebar jalan rel(w), sehingga persamaan dapat disederhanakan menjadi:

$$h_n = 11.8 \frac{V^2}{R}$$
atau
$$h_r = 11.8 \frac{V^2}{R} - h_q$$

Sehingga untuk perencanaan jari-jari minimum lengkung:

$$R_{min} = 11.8 \frac{V^2}{(h_r + h_q)}$$

Keterangan:

peninggian rel normal/kondisi keseimbangan Fine 1

hr: peninggian rel aktual rencana (mm)

defisiensi peninggian rel/cant deficiency (mm) ha: B_r : jarak as ke as rel (mm) = w + lebar kepala rel

lebar jalan rel/gauge w

V: kecepatan rencana untuk perhitungan

peninggian lengkung (km/jam)

R radius lengkung dari sumbu jalan rel (m)

- 2) Nilai h, dari perhitungan di atas tidak boleh lebih dari peninggian rel maksimum yang diatur berdasarkan aspek keamanan dari bahaya guling saat kereta berhenti atau memperlambat di bagian lengkung (dikarenakan gangguan operasi, atau perbaikan) dan aspek kemudahan pengerjaan perawatan peninggian rel.
- 3) Peninggian rel aktual maksimum yang diambil (hmax) ditetapkan tidak boleh lebih dari 175 mm (≤175mm) (balastless) atau 150 mm (≤150mm) (ballasted) dan 170 mm (≤170mm) pada kondisi tertentu (kondisi topografi, kondisi teknis di lapangan, dan lain-lain).
- 4) Peninggian rel aktual minimum (hmin) ditentukan dari nilai hr dari perhitungan diatas dengan memperhatikan batasan percepatan lateral yang tidak terkompensasi (untuk aspek kenyamanan).

Tabel 3.15 Defisiensi dan Kelebihan Peninggian Jalan Rel yang Diijinkan

Kondisi kenyamanan Sangat baik Baik Cukup (mm) (mm) (mm) Defisiensi peninggian rel 40 60 90 yang diizinkan [hq] Kelebihan peninggian 40 60 90 yang diizinkan [hg]

> 5) Jika jenis dan kecepatan kereta yang melintas berbedabeda (misalnya untuk sistem operasi lalu lintas campuran antara kereta penumpang dan kereta khusus) atau jika ha dari hasil perhitungan melebihi hmax, maka peninggian rel aktual rencana h, yang dipasang adalah harus dalam rentang:

 $h_{min} \le h_r \le h_{max}$

dengan memperhatikan batasan kecepatan maksimum dan minimum dari berbagai jenis kereta tersebut melewati lengkung.

1.2.7. Jarak Antar As Jalan Rel

Jarak antara as jalan rel pada jalur utama harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 3.16, dan tidak ada perbedaan jarak antara as jalan rel pada bagian lengkung.

Tabel 3.16 Jarak Antara As Jalan Rel pada Jalur Utama

Kecepatan (km/jam)	Jarak Minimum Antar As Jalan Rel (mm)
V ≤ 160	4200
160 < V ≤200	4400
200 < V ≤250	4600
250 < V ≤300	4800
300< V ≤350	5000

1.3. Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

- a. Kontruksi jalan rel bagian bawah terdiri dari:
 - 1) Badan jalan;
 - 2) Proteksi lereng; dan
 - 3) Drainase.
- b. Lebar formasi badan jalan
 - Badan jalan terdiri dari lapisan atas, lapisan bawah, dan lapis dasar. Ketebalan lapisan ditunjukkan pada Tabel 3.17 berikut:

Tabel 3.17 Ketebalan Lanisan Pada Radan Jalan

Ketebalan	Lapisan Atas (m)	Lapisan Bawah (m)
Kecepatan ≤200 km/jam	0,6	1,9

Kecepatan 250-350 km/jam	Lapisan Atas (m)	Lapisan Bawah (m)
Tanpa balas	0,4	2,3
Dengan balas	0,7	2,3

- 2) Kemiringan permukaan badan jalan pada lintasan ballastless dan ballasted lebih besar sama dengan 4% (≥ 4%).
- 3) Lebar dari bahu pada kedua sisi badan jalan pada *track* dengan bantalan (*ballasted track*) lebih besar sama dengan 1,4 m (≥ 1,4m) pada jalur ganda (*double track*) dan lebih besar sama dengan 1,5 m (≥ 1,5m) untuk jalur tunggal (*single track*).
- 4) Lebar standar badan jalan pada jalur lurus harus sesuai dengan persyaratan di Tabel 3.15.

Tabel 3.18 Lebar Standar Badan Jalan

Tipe	Kecepatan rencana	Jarak as	Lebar dari pern Jal	
track	maksimum (km/jam)	jalan rel (m)	Jalur rel tunggal (m)	Jalur rel ganda (m)
Tanpa	250	4,6		13,2
balas	300	4,8	8,6	13,4
	350	5,0		13,6
	≤ 160	4,0	8,8	12,8

Tipe	Kecepatan rencana	Jarak as	Lebar dari pern Jal	
track	maksimum (km/jam)	jalan rel (m)	Jalur rel tunggal (m)	Jalur rel ganda (m)
Dengan	200	4,2		13,0
balas	250	4,6		13,4
	300	4,8		13,6
	350	5,0		13,8

5) Permukaan badan jalan pada bagian lengkung jalur utama untuk jalan rel dengan balas harus diperlebar pada sisi luar lengkung dan nilai pelebaran tambahan harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Tabel 3.19.

6)

7) Tabel 3.19. Pelebaran Tambahan Badan Jalan Pada Sisi Luar Lengkung

Kecepatan rencana (km/jam)	Jari-Jari Lengkung (m)	Tambahan sisi luar dari badan jalan (m)
	R > 12000	0,3
250	12000 ≥ R > 9000	0,4
350	9000 ≥ R ≥ 6000	0,5
	R < 6000	0,6
	R ≥ 14000	0,2
	9000 ≤ R < 14000	0,3
300	7000 ≤ R < 9000	0,4
	5000 ≤ R < 7000	0,5
	R < 5000	0,6
	R ≥ 10000	0,2
	7000 ≤ R < 10000	0,3
250	5000 ≤ R < 7000	0,4
	4000 ≤ R < 5000	0,5
	R < 4000	0,6
0.53	R ≥ 10000	0,1
200	6000 ≤ R < 10000	0,2
	4000 ≤ R < 6000	0,3
	3100 ≤ R 4000	0,4
	R < 3100	0,5
	R ≥ 7500	0,1
	3800 ≤ R < 7500	0,2
160	2700 ≤ R < 3800	0,3
	1900 ≤ R 2700	0,4
	R < 1900	0,5
	R ≥ 5000	0,1
	2200 ≤ R < 5000	0,2
120	1500 ≤ R < 2200	0,3
	1200 ≤ R 1500	0,4
	R < 1200	0,5

c. Konstruksi Badan Jalan

 Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.

2) Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada diatasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.

3) Konstruksi Badan jalan Pada Galian

a) Galian batuan keras

Untuk lapisan jalan rel tanpa balas (ballastless), galian harus mencapai permukaan lapis dasar dan bearing layer dibentuk secara langsung pada permukaan galian. Sedangkan untuk jalan rel dengan balas, pada permukaan galian dimana akan dihamparkan batu pecah bergradasi dibuat kemiringan dari as jalur kearah sisi kiri dan kanan sebesar 4%. Batu lepas di permukaan yang digali harus diangkat dan harus diisi beton dengan mutu beton tidak kurang dari C25 (sesuai pada Lampiran Tabel C-3 Klasifikasi Mutu Beton).

b) Galian pada tanah atau batuan lunak.

- Untuk tanah dasar pada posisi badan jalan, disyaratkan specific penetrations resistance-nya (Ps) ≥ 1,5 MPa pada static sounding test dan atau basic bearing capacity (□0) ≥ 0,18 MPa.
- (2) Ketika persyaratan diatas tidak dipenuhi, tanah dasar harus diperkuat atau dilakukan penggantian sesuai dengan persyaratan.

4) Pertemuan antara Timbunan dan Abutment Struktur Jembatan pada Kereta Api Kecepatan Tinggi

a) Pertemuan antara timbunan dan abutment dari jembatan, bagian transisi harus dibangun dengan bentuk trapesium terbalik seperti Gambar 3.1 dan harus memenuhi persyaratan:

(1) Panjang transisi ditentukan dengan formula:

$$L = a + (H - h).n$$

L > 20 m,

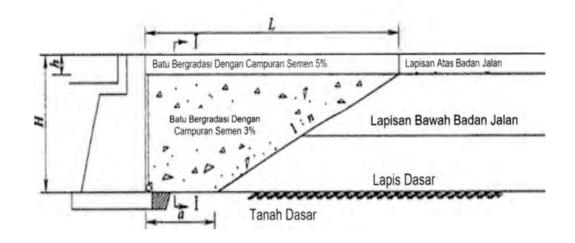
Keterangan:

L: panjang bagian transisi (m)

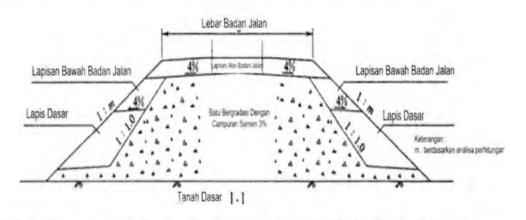
tinggi dari timbunan dibelakang abutment (m)
 ketebalan dari permukaan atas untuk badan jalan (m)

a : panjang dasar dari trapesium terbalik sepanjang jalur (3-5 m)

n : konstanta (2-5)



Gambar 3.1a. Pertemuan antara Timbunan dan Abutment Jembatan (potongan memanjang)



Gambar 3.1b. Pertemuan antara Timbunan dan Abutment Jembatan (potongan melintang)

(2) Material lapisan atas badan jalan pada bagian transisi yang dicampur dengan semen 5%, harus sesuai dengan persyaratan lapis atas badan jalan. Batu pecah yang dicampur dengan semen 3% harus diisikan ke lapisan trapesium terbalik di bagian bawah lapisan atas badan jalan.

Standar gradasi untuk batu pecah pada posisi transisi di bawah lapisan atas badan jalan sesuai dengan ketentuan pada Tabel 3.17, dan standar pemadatan harus memenuhi persyaratan $K \ge 0.95$ untuk koefisien pemadatan, $K_{30} \ge 150$ MPa/m untuk koefisien reaksi tanah dasar, dan $E_{vd} \ge 50$ MPa untuk modulus deformasi dinamik.

Tabel 3.20 Standar Gradasi Batu Pecah di Bagian Transisi

Grading	Persentase Iolos ayakan (%)									
No	50	40	30	25	20	10	5	2,5	0,5	0,075
1	100	95-100			60-90		30-65	20-50	10-30	2-10
2		100	95-100		60-90		30-65	20-50	10-30	2-10

3 | 100 | 95-100 | 50-80 | 30-65 | 20-50 | 10-30 | 2-10

Keterangan: batu seperti jarum dan serpihan tidak boleh lebih dari 20% (≤20%), serta batuan lunak dan rapuh tidak boleh lebih dari 10% (≤10%)

(3) Celah pada pondasi diisi dengan graded crushed stone mix dengan semen 3% dan dipadatkan dengan mesin mekanik ringan portable. Kepadatannya harus memenuhi syarat E_{vd} ≥ 30 Mpa. Timbunan di bagian transisi harus dibangun bersamaan dengan timbunan penghubungnya dan harus dibangun pada lapisan dengan ketinggian yang sama dengan sambungan timbunan. Dalam jarak 2 m dari abutment, timbunan harus dipadatkan secara padat dengan mesin kecil dan ketebalan pengisi harus dikurangi secara tepat.

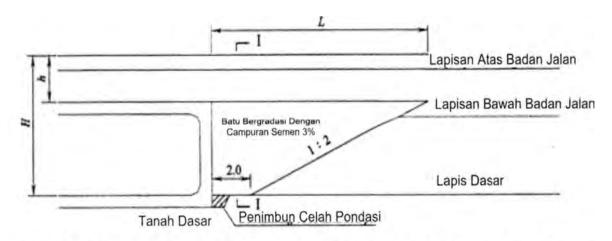
b. Pertemuan antara timbunan dan struktur peralihan (struktur underpass, box culvert, dan lain-lain).

1) Di pertemuan antara timbunan dan struktur (struktur underpass, box culvert dan lain-lain), bagian transisi harus diperhatikan. Pada pertemuan tersebut dibuat transisi trapesium terbalik sepanjang jalur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2a Bagian atas struktur yang melintang dan lapisan atas badan jalan pada posisi transisi sesuai dengan spesifikasi lapisan atas badan jalan.

2) Ketika ketebalan material pengisi untuk bagian atas struktur tidak lebih besar dari 1 m, batu pecah lapisan atas badan jalan bagian atas struktur yang melintang dengan panjang L= 20 m pada kedua sisi struktur yang melintang harus dicampur dengan semen sebesar 5%,



seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2b.



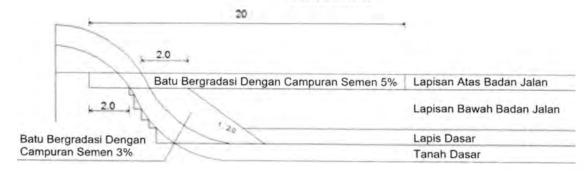
Gambar 3.2a. Bagian Transisi Antara Timbunan dan Struktur (potongan memanjang)

Gambar 3.2b. Bagian Transisi Antara Timbunan dan Struktur (potongan melintang)

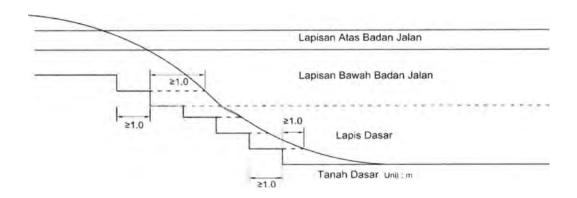
2. Pertemuan antara timbunan dan galian

a) Bila pertemuan antara timbunan dan galian merupakan batuan keras, maka terasering harus digali di sepanjang permukaan tanah asli dengan arah membujur di satu sisi galian. Kedalaman masing-masing terasering terhadap permukaan asli dari lereng adalah lebih besar sama dengan 1 m (≥1m) dan ketinggian terasering kurang lebih 0,6 m. Bagian transisi disusun pada satu sisi timbunan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 Bagian Transisi Untuk Galian Tanah Keras dan Timbunan



b) Ketika pertemuan antara timbunan dan galian adalah batuan lunak atau tanah, terasering harus digali sepanjang permukaan tanah asli dengan arah membujur. Kedalaman masing-masing terasering tidak kurang dari 1 m dan tinggi teras sekitar 0,6 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bagian Transisi Antar Galian Batuan Lunak atau Tanah dan Timbunan

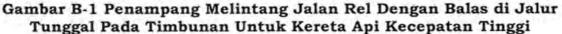
- Pertemuan antara galian batuan lunak dan terowongan.
 Bagian transisi harus diisi dan dibangun menggunakan material beton yang ketebalannya bervariasi atau batu pecah dicampur dengan semen 5%.
- d. Perbaikan tanah dasar/tanah asli untuk Konstruksi Badan Jalan
 - Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, atau lereng timbunan tidak cukup stabil, maka perlu diadakan perbaikan tanah.
 - 2) Perbaikan tanah dilakukan dengan memperkecil gaya penggerak/ gaya gelincir atau meningkatkan gaya perlawanan dengan metode sebagai berikut:
 - a) Menaikkan density (pemadatan);
 - b) Pemasangan drainase (menurunkan muka air tanah, konsolidasi);
 - c) Pemakaian modifikasi bahan kimia atau grouting;
 - d) Pemasangan dinding penahan;
 - e) Menggunakan material lapisan sintetis untuk perkuatan tanah;
 - f) Perbaikan dengan teknologi lain yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis.

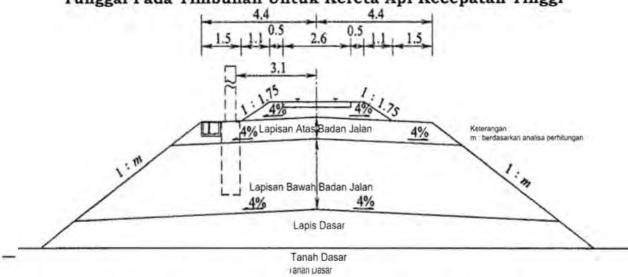
e. Proteksi Lereng

- Proteksi lereng dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
- Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).
- Metode lain dipertimbangkan apabila metode vegetasi tidak memadai dilihat dari material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan, dan lain-lain, seperti dijelaskan pada Tabel C-4, C-5, dan C-6.
- Perbaikan dengan teknologi lain yang dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

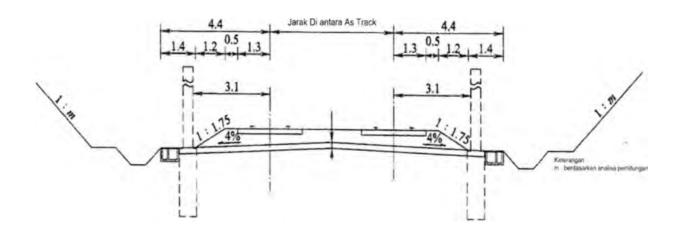
1.4. Penampang Melintang

- a. Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel dimana terlihat bagianbagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang.
- b. Ukuran penampang melintang kereta api kecepatan tinggi dalam konstruksi dengan ballast (ballasted) atau tanpa ballast (ballastless) dengan jalur ganda atau tunggal serta terletak pada tanah dasar, jembatan, dan terowongan ditunjukkan dalam Gambar B-1 sampai dengan B-8.

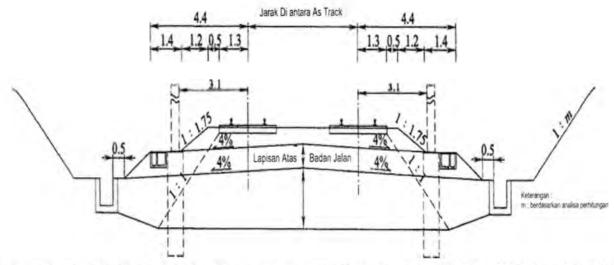




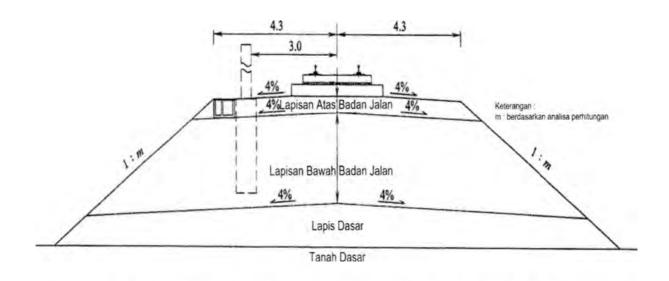
Gambar B-2 Penampang Melintang Jalan Rel Dengan Balas di Jalur Ganda (Double Track) Pada Timbunan Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



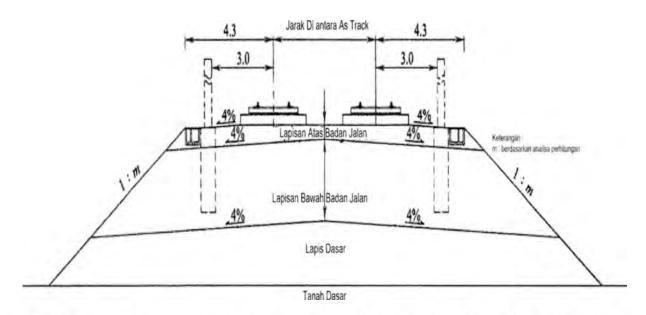
Gambar B-3 Penampang Melintang Jalan Rel Dengan Balas di Jalur Ganda Pada Galian (Batuan Keras) Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



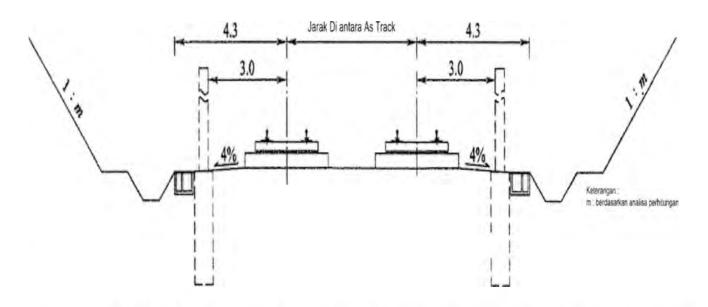
Gambar B-4 Penampang Melintang Jalan Rel Dengan Balas di Jalur Ganda Pada Galian (Non Batuan Keras) Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



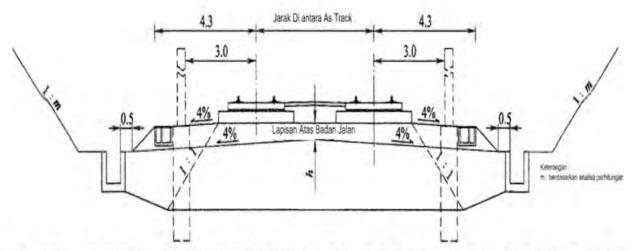
Gambar B-5 Penampang Melintang Jalan Rel Tanpa Balas di Jalur Tunggal Pada Timbunan Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



Gambar B-6 Penampang Melintang Jalan Rel Tanpa Balas di Jalur Ganda Pada Timbunan Untuk Jalur Ganda Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



Gambar B-7 Penampang Melintang Jalan Rel Tanpa Balas di Jalur Ganda Pada Galian (Batuan Keras) Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi



Gambar B-8 Penampang Melintang Jalan Rel Tanpa Balas di Jalur Ganda Pada Galian (Bukan Batuan Keras) Untuk Kereta Api Kecepatan Tinggi

2. Peryaratan Komponen

2.1.Umum

Komponen jalan rel terdiri dari;

- a. Badan Jalan;
- b. Balas:
 - 1) Balas;
 - 2) Tanpa balas/ Ballastless.
- c. Bantalan:
 - 1) Bantalan beton;
 - 2) Slabtrack.
- d. Sistem Penambat;
- e. Rel;
- f. Wesel.

2.2.Badan Jalan

- a. Badan jalan dapat berupa:
 - 1. Badan jalan di daerah timbunan; atau
 - Badan jalan di daerah galian.
- b. Lapisan Badan jalan terdiri dari lapis atas dan lapis bawah, untuk kecepatan 250-350 km/jam ketebalan lapis atas 0,4 m (tanpa balas) dan 0,7 m (dengan balas) dan ketebalan lapis bawah untuk ballasted maupun ballastless adalah 2,3 m. Untuk kecepatan ≤200 km/jam, ketebalan lapis bawah 1,9 m, dan ketebalan lapis atas 0,6 m.
- c. Material pengisi untuk lapis atas badan jalan harus memenuhi persyaratan seperti Tabel 3.21.

Tabel 3.21. Material Pengisi Untuk Lapis Atas Pada Badan Jalan

	Kebutuhan material pengisi			
Tipe Jalur	Ukuran maksimum batuan	Kelompok material pengisi		
Jalur utama	1-	Batu pecah bergradasi		

Jalur simpang (track menuju Depo)	≤ 150 mm	Grup A dan Grup B material timbunan (kecuali tanah berpasir).
---	----------	---

Keterangan: Grup A dan Grup B sebagaimana terlampir pada Tabel C-2 Klasifikasi Tanah.

Gradasi partikel lapis atas badan jalan yang menggunakan batu pecah sesuai pada tabel di bawah ini. Pemadatan dilakukan sesuai dengan standar serta partikel gradasi dengan koefisien Cu (Coefficient of non-uniformity) ≥ 15 dan persentase dari partikel di bawah 0,02.

Tabel 3.22 Gradasi Batu Pecah Untuk Lapis Atas Pada Badan Jalan

Ukuran gradasi (mm)	0,1	0,5	1,7	7,1	22,4	31,5	45
Persentase lolos ayakan (%)	0-5	7-32	13-46	41-75	67-91	82-100	100

- Tes abrasi Los Angeles untuk batu pecah bergradasi dengan ukuran partikel >1,7 mm tidak boleh lebih dari 30% (≤ 30%), kehilangan akibat perendaman dengan larutan sodium sulfat tidak boleh lebih dari 6% (≤ 6%),

- Liquid Limit (LL) untuk batuan halus dengan partikel < 5 mm tidak boleh lebih dari 25% (\leq 25%) dan plastic index < 6. Tanah liat dan kotoran lainnya tidak

diperbolehkan.

 Standar pemadatan harus sesuai dengan persyaratan di Tabel 3.16 dengan koefisien permebilitas untuk gradasi batu pecah setelah pemadatan harus > 5x 10⁻⁵ m/detik dan modulus deformasi dinamis (dynamic deformation modulus) E_{vd} ≥ 55 MPa. Untuk standar pemadatan seperti dijelaskan di Tabel 3.23.

Tabel 3.23 Kriteria Pemadatan Untuk Lapis Atas Badan Jalan

			Kriteria Pemadatan						
Jenis Tipe Jalur Jalur	Material Timbunan	Koefisien Pemadatan K	Modulus Deformasi Dinamis (Evd (MPa))	Porositas (%)	Koefisien Deformasi Dasar, K 30 (MPa/m)	Kuat Tekan Bebas Pada Kondisi Jenuh Air 7 Hari (kPa)			
Jalur utama Jalur dengan Balas Balas Jalur simpang (track menuju depo)	(F., 103) XXX	batuan pecah bergradasi	≥ 0,97	≥ 55		≥190			
	simpang (track	gravel atau batuan pecah			< 29	≥ 140			
	Perbaikan tanah	≥ 0,93	-			≥ 500			
Jalur tanpa Balas	Jalur utama	batuan pecah bergradasi	≥ 0,97	≥ 55		≥ 190			

d. Lapis bawah badan jalan berupa material Grup A dan Grup B dengan memenuhi standar pemadatan sebagaimana tabel berikut: Tabel 3.24 Standar Pemadatan Material Pengisi Untuk Lapis Bawah

	1	1		Kriteria	Pemadatan		
Jenis Tipe Jalur Jalur	Tipe Jalur	Material Timbunan	Koefisien Pemadatan K	Modulus Deformasi Dinamis (Evd (MPa))	Porositas (%)	Koefisien Deformasi Dasar, K30 (MPa/m)	Kuat Tekan Bebas Pada Kondisi Jenuh Air 7 Hari (kPa)
		Improvement soil	≥ 0,95				≥ 350
	Jalur	Kerikil halus	≥ 0,95	≥ 40		≥ 130	
Jalur dengan	utama	Batu pecah dan kerikil kasar	≥ 0,95	≥ 40		≥ 150	
Balas	Jalur simpang	Improvement soil	≥ 0,91	- 0 T			≥ 300
	(track	Kerikil		×.	< 31	≥ 120	
	menuju depo)	Batu pecah		100	< 31	≥ 130	
		Improvement soil	≥ 0,95				≥ 350
Jalur tanpa	Jalur	Kerikil halus	≥ 0,95	≥ 40		≥ 130	
Balas	utama	Batu pecah dan kerikil kasar	≥ 0,95	≥ 40		≥ 150	

e. Badan Jalan Pada Lapis Dasar

1) Untuk timbunan, material pengisi timbunan untuk di bawah badan jalan harus memenuhi persyaratan seperti Tabel 3.25.

Tabel 3.25 Persyaratan Material Timbunan Atau Lapis Dasar Badan Jalan

	Persyaratan Material Timbunan				
Tipe Jalur	Ukuran Partikel Maksimum	Grup Material Pengisi			
Jalur utama	≤ 75 mm	Wastigates and a second			
Jalur simpang (track menuju depo)	≤ 300 mm atau 2/3 ketebalan dari timbunan	Material timbunan Grup A, Grup B dan batu pecah atau gravel type soil dari Grup C. Ketika fine gravel soil material timbunan Grup C dipilih harus diperbaiki sifat/persyaratannya			

2) Untuk timbunan lapis dasar badan jalan, standar harus sesuai dengan persyaratan di Tabel 3.26.

Tabel 3.26 Kriteria Pemadatan Timbunan atau Lapis Dasar Badan Jalan

			Kriteria Pemadatan						
Jenis Jalur Kecepatan Desain (km/h)	Bahan Timbunan	Koefisien Pemadatan K	Porositas n (%)	Koefisien Deformasi Dasar K ₃₀ (MPa/m)	Kuat Tekan Bebas Pada Kondisi Jenuh Air 7 Hari (kPa))				
Rel dengan Jalur Balas utama	Tanah ditingkatkan secara kimiawi	≥ 0,92	(- ,)	-	≥250				
	100000000	Tanah kerikil halus	≥ 0,92	-	≥110	-			
	Jenis batu hancur dan tanah kerikil kasar	≥ 0,92	-	≥130	-				

			Kriteria Pemadatan						
Jenis Jalur Jalur Jalur simpang (track menuju depo)	Bahan Timbunan	Koefisien Pemadatan K	Porositas n (%)	Koefisien Deformasi Dasar K ₃₀ (MPa/m)	Kuat Tekan Bebas Pada Kondisi Jenuh Air 7 Hari (kPa))				
	Tanah ditingkatkan secara kimiawi	≥0,90	-	≥80					
		Gravel	-	<32	≥110				
	The second second second	Batu pecah	=	<32	≥120	-			
		Pebble	_		≥130				
Rel tanpa — Balas	Perbaikan tanah secara kimiawi	≥0,92	-	=	≥250				
	1	Tanah kerikil halus	≥0,92		≥110	7-2			
	Jenis batu hancur dan tanah kerikil kasar	≥0,92	=	≥150	==				

- Penurunan (settlement) tanah pasca konstruksi pada badan jalan harus sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:
 - a) Jalur rel tanpa balas
 - Penurunan pasca konstruksi badan jalan untuk jalur rel tanpa balas harus sesuai dengan persyaratan keamanan jalur rel/ track, stabilitas struktur dan kemampuan penambat.
 - (2) Penurunan pasca konstruksi tidak lebih dari 15 mm (≤15 mm).
 - (3) Ketika penurunan terjadi secara seragam dan jari-jari lengkung vertikal pada elevasi bagian atas rel sesuai berdasarkan rumus di bawah, maka penurunan yang diperbolehkan pasca konstruksi

 30 mm.

 $R_{sh} \geq 0, 4.v^2$

Keterangan:

R_{sh} : Radius vertikal (m)

V : Kecepatan rencana (km/jam)

- (4) Pada pertemuan antara badan jalan dengan jembatan/terowongan/underpass/gorong-gorong / box culvert diperlukan struktur transisi. Besaran diferensial nilai penurunan pertemuan tersebut pada pasca konstruksi tidak boleh lebih dari 5 mm (≤5 mm), dan sudut difleksi karena penurunan diferensial tidak boleh lebih dari 1/1000 (≤ 1/1000).
- b) Jalur rel dengan balas Penurunan pasca konstruksi subgrade untuk jalur utama dengan balas harus sesuai yang tercantum dalam Tabel. 3.27.

Tabel 3.27 Nilai Kontrol Dari Penurunan Setelah Acceptance Pada Badan Jalan

Kecepatan Rencana Kereta (km/h)	Penurunan Pasca Konstruksi Secara Umum (cm)	Penurunan Pasca Konstruksi Bagian Transisi di <i>Abutment</i> Jembatan (cm)	Rasio Penuruna n (cm/tahun	
350, 300	40	n/ð	* in	
250	≤10	≤5	≤3	
200	≤15	≤8	≤4	
≤160	≤20	≤10	≤5	

4) Stabilitas badan jalan jika beban kereta dipertimbangkan, faktor keamanan stabilitas tidak kurang dari 1,25. Pada saat konstruksi faktor keamanan stabilitas tidak boleh kurang dari 1,10 (≥ 1,10). Faktor keamanan stabilitas pada cutting tidak kurang dari 1,35. Pada saat konstruksi faktor keamanan stabilitasnya tidak boleh kurang dari 1,25 (≥ 1,25).

2.3. Balas (Ballasted) dan Tanpa Balas (Ballastless)

- a. 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.
- b. Fungsi utama balas adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.
- c. Pemilihan teknologi antara balas dan *ballastless* harus mempertimbangkan perbedaan dalam:
 - 1) Karakteristik dari sistem tersebut;
 - Biaya awal konstruksi, biaya perawatan, biaya total (life cycle cost),
 - 3) Peruntukan jalur (common line, mix traffic line, dedicated passenger line, low maintenace line, atau high frequency line);
 - 4) Jarak antar stasiun (kereta jarak jauh antar kota dengan jarak antar stasiun yang panjang, kereta komuter, atau kereta dengan banyak pemberhentian dengan jarak antar stasiun yang pendek);
 - 5) Kecepatan operasi;
 - 6) Jumlah lalu lintas kereta;
 - 7) Beban gandar;
 - 8) Lebar jalan rel;
 - 9) Lokasi (at grade, elevated atau di terowongan);
 - 10) Kondisi dan daya dukung tanah dasar;
 - 11) Umur rencana; dan
 - 12) Metode dan intensitas perawatan.
- d. Ballasted Track System secara mendasar mempunyai formasi badan jalan bagian atasnya (superstructure) terdiri dari:
 - 1) Rel;
 - 2) Sistem penambat;
 - Bantalan rel;
 - 4) Lapisan balas;

5) Lapisan-lapisan badan jalan;

6) Lapisan pelindung (protection layer) untuk kasus dan fungsifungsi tertentu.

e. Ballastless Track dengan Slab Track System mempunysi sistem formasi badan jalan bagian atasnya (superstructure) terdiri dari:

2) Sistem penambat;

3) Plat beton yang dicor secara monolit dengan bantalannya (bisa dengan sistem embedded, discrete atau continuous support) menggunakan plat beton pracetak (prefabricated concrete);

4) Lapisan base (atau ditambah dengan lapisan sub-base).

pertimbangan umum dengan biaya konstruksi, fleksibilitas sistem dalam perubahan geometri (upgrading capability), kemampuan kecepatan maksimum jalur, sistem pengoperasian dan sistem teknologi, maka konstruksi baru dengan jalur beton (slab track) untuk jalur kereta jarak jauh (antar kota/intercity) lebih tepat untuk lebar jalan rel 1435 mm dan operasi kereta berkecepatan tinggi lebih dari sama dengan 300 kilometer per jam (V≥300 km/jam).

g. Sangat perlu mendapatkan perhatian khusus pada jalur transisi (transition zone) antara jalur elevated, jalur beton atau jembatan kereta ke jalur yang menggunakan konstruksi ballasted untuk

menghindari perbedaan kekakuan jalur yang mencolok.

2.3.1. Balas

Persyaratan umum lapisan dengan balas adalah:

a) Untuk jalur tunggal pada konstruksi at-grade, jembatan, dan terowongan lebar atas alas balas 3,6 m, tebal alas balas 0,35 m, dengan kemiringan 1:1,75, tinggi profil bahu balas 0,15 m. Untuk jalur ganda, lebar atas permukaan balas dirancang masingmasing sesuai perencanaan jalur tunggal.

b) Bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan

elevasi bantalan.

c) Sedapat mungkin hamparan balas pada bagian ujung-ujung bantalan sedikit lebih tinggi di atas bantalan untuk menambah kekuatan geser jalur arah lateral (lateral track resistance),

terutama pada daerah lengkung.

d) Jika kecepatan kereta api kecepatan tinggi dapat menyebabkan risiko batu balas beterbangan (ballast flying) dan membahayakan keamanan kereta, maka pada bagian atas lapisan balas disemprotkan perekat batu balas atau penutup balas (ballast pad).

e) Ada dua tipe balas, yaitu tipe balas super grade untuk jalur utama dengan kecepatan rencana lebih dari sama dengan 250km/jam dan untuk lokasi di luar jalur tersebut bisa

menggunakan tipe balas first grade sesuai Tabel 3.28.

Tabel 3.28 Tabel Properti Balas

			The Super Grade	The First	Metode E	Evaluasi	
Properti Material	Nomor Seri	Parameter	Crushed Stone Ballast	Grade Crushed Stone Ballast	Individual Evaluation	Comprehe nsive Evaluation	
	1	Los Angeles abrasion rate (LAA) %	s18	18 <laa<27< td=""><td></td><td colspan="2">Klasifikas balas ditentuka n oleh</td></laa<27<>		Klasifikas balas ditentuka n oleh	
Resistance		Impact toughness of standard aggregates (IP)	≥110	95 <ip<110< td=""><td>Jika kedua indeks ini menunjukk an</td><td>klasifikasi terendah pada</td></ip<110<>	Jika kedua indeks ini menunjukk an	klasifikasi terendah pada	
to abrasion and impact	2	Coefficient of wear hardness of stone (K)	>18.3	18 <k<18.3< td=""><td>klasifikasi balas yang berbeda, klasifikasi yang lebih tinggi harus digunakan</td><td>nomor seri 1,2,3, dan 4. Baik super grade crushed stone maupun</td></k<18.3<>	klasifikasi balas yang berbeda, klasifikasi yang lebih tinggi harus digunakan	nomor seri 1,2,3, dan 4. Baik super grade crushed stone maupun	
Resistance to crushing	3	Crushing rate of standard aggregates (CA)	<8	8≤CA<9	(a)	class I crushed stone harus memenuh	
	4	Crushing rate of ballast aggregates (CB) %	<19	19≤CB<22	(87	persyarat n yang ditentuka	
		Permeability coefficient (P _m) 10-6cm/s	>4.5			n pada item nomor ser	
Water permeability	Compressive strength of test module with stone powder (o) Mpa		<0.4		Minimal dua item harus memenuhi	5,6,7 dan 8.	
		Liquid limit of stone powder (LL) %		>20	persyaratan	,	
		Plastic limit of stone powder (PL) %		>11			
Resistance to atmospheric corrosion	6	Loss rate of soaking in sodium sulfate solution (L) %		<10			
Di 130	7	Density (p) g/cm ³		>2.55			
Stability	8	Bulk density (R) g/cm ³		>2.50			

Tabel 3.29 Gradasi Ukuran Partikel Super Grade Crushed Stone

or o.z. arua	asi onuian i aitii	rer Dul	er ur	uue ci	usneu	Ston
Ukuran saringan (mm) Persentase lolos saringan (%)		22,4	31,5	40	50	63
		0~3	1~25	30~65	70~99	100
Distribusi partikel	Ukuran saringan (mm)	31,5 ~ 50)		
	Massa (%)	≥50				

Tabel 3.30 Gradasi Ukuran Partikel First Grade Crushed Stone

Ukuran saringan (mm)	16		35,5	45	56	63
Presentase lolos saringan (%)	0~5	5~15	25~40	55~75	92~97	97~100

1) Density dari balas ≥1,75 g/cm³ dan supporting stiffness ballas di bawah bantalan ≥120 kN/mm, tahanan longitudinal pada balas ≥14 kN tiap bantalan dan tahanan lateral pada balas ≥12 kN tiap bantalan.

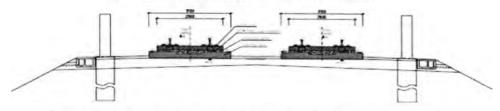
2) Permukaan atas balas 40 mm lebih rendah dari permukaan bantalan pada posisi peletakan rel dan tidak boleh lebih tinggi dari permukaan atas bantalan di bagian tengah.

1.3.2.Ballastless

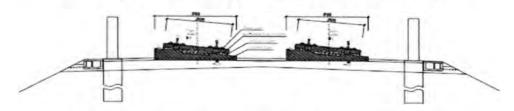
- Struktur slab harus dirancang sesuai dengan beban kereta, beban suhu dan kondisi pembebanan saat proses pembuatan, transportasi dan konstruksi, serta penambat, track circuit, integrated earthing, daya tahan dan persyaratan teknis lainnya.
- 2) Self-compacting concrete harus didesain pada posisi antara slab track dan concrete base yang sifatnya harus memenuhi persyaratan yang relevan.
- 3) Isolation layer harus dipasang pada permukaan atas concrete base. Displacement-stopping trough harus dipasang pada concrete base yang sesuai dengan masing-masing slab track, yang dimensinya harus dihitung dan ditentukan sesuai dengan beban rencana. Sifat isolation layer dan elastic pad harus memenuhi persyaratan yang relevan.
- 4) Ketika ballastless pada badan jalan, concrete base harus dipasang pada lapisan atas badan jalan. Pada section jembatan concrete base harus dipasang pada permukaan dek jembatan yang menghubungkan ke jembatan melalui embedded steel bar dengan sleeve atau embedded steel bar. Untuk terowongan dengan invert, concrete base harus dipasang pada posisi invert sebagai lapisan pengisi, untuk terowongan tanpa invert, harus dipasang menyatu dengan tunnel base.



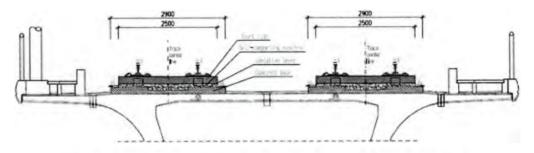
Gambar 3.5 Komponen Ballastless



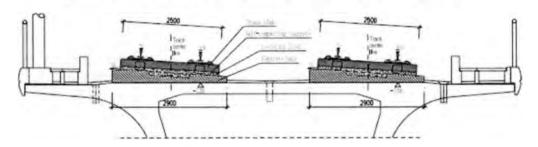
Gambar 3.6 Ballastless pada Ar-grade (Jalur Lurus)



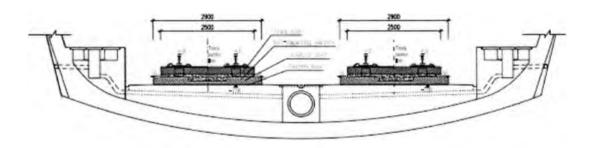
Gambar 3.7 Ballastless pada At-grade (Lengkung)



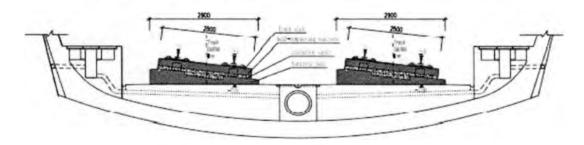
Gambar 3.8 Ballastless pada Jembatan (Jalur Lurus)



Gambar 3.9 Ballastless pada Jembatan (Lengkung)



Gambar 3.10 Ballastless pada Terowongan (Jalur Lurus)



Gambar 3. Ballastless pada Terowongan (Lengkung)

2.4. Bantalan

- a. Bantalan merupakan salah satu bagian dari struktur jalan rel yang mampu melayani fungsi sebagai berikut:
 - Mengikat rel bersama dengan alat penambat, shoulder atau pelat landas dan baut, sehingga geometri rel yang terkait dengan konsistensi lebar jalan rel tetap dapat terjaga akibat gaya lateral dan longitudinal yang dibebankan pada rel;
 - Mampu menahan beban vertikal, lateral dan tekuk yang disebabkan oleh beban statis rel, beban dinamis pergerakan kereta, dan perubahan suhu;

- Mendistribusikan beban yang diterima bantalan kepada struktur yang ada di bawahnya dengan tegangan arah vertikal yang lebih kecil dan merata.
- b. Jenis struktur bantalan dapat dibagi sesuai dengan bahan dan karakteristik penyusunnya, yaitu:
 - 1. Bantalan Beton (Concrete Sleeper);
 - 2. Slab Track.
- c. Bantalan pada kereta api kecepatan tinggi terdiri dari bantalan beton dan slab track
 - 1) Bantalan beton

Bantalan beton pada kereta api kecepatan tinggi terdiri dari beberapa macam jenis disesuaikan dengan peruntukannya, meliputi:

- 1. Bantalan beton pada ballasted mainline;
- 2. Bantalan beton pada area transisi ballasted-ballastless;
- 3. Bantalan beton pada jalur utama menuju depo;
- 4. Bantalan beton pada area depo;
- 5. Bantalan beton pada depo (warehouse);
- 6. Bantalan beton pada Wheel Guard Rail.

Bantalan tersebut di atas didesain dengan spesifikasi teknis sesuai dengan standar internasional atau standar nasional.

- a) Dimensi bantalan beton:
 - (1) Panjang bantalan untuk jalur utama 2,6 m;
 - (2) Panjang bantalan di luar jalur utama 2,5 2,6 m;
 - (3) Mutu beton bantalan yang digunakan adalah C60 (sesuai pada Lampiran Tabel C-3 Klasifikasi Mutu Beton);
 - (4) Bantalan beton digunakan untuk jalur utama ballasted, dengan 1667 buah/km (jarak bantalan 60 cm, dengan toleransi + 2 cm);

Tabel 3.31 Ukuran Bantalan Di Jalur Utama Kereta Api Kecepatan Tinggi

No	Item	Satuan	Ukuran	Bantalan*
1	Panjang Bantalan	mm	2600	
	Tinggi	mm	185-281	
2	Lebar Permukaan Atas	mm	13	1-260
-	Lebar Permukaan Bawah	mm	28	80-320
3	Total Tension	kN	41	0-580
			di bawah rel	di tengah bantalan
4	Fatigue Inspection	kN	210-230	180-230
5	Static Loading Test	kN	190-210	162-200

Tabel 3.32 Ukuran Bantalan Di Luar Jalur Utama Kereta Api Kecepatan Tinggi

			ALCONOMIC UPSTON
No	Item	Satuan	Ukuran Bantalan*
1	Panjang Bantalan	mm	2500-2600
2	Tinggi	mm	175-260
2	Lebar Permukaan Atas	mm	131-260

	Lebar Permukaan Bawah	mm	25	0-320
3	Total Tension	kN	390-430	
			di bawah rel	di tengah bantalan
4	Fatigue Inspection	kN	180-230	135-180
5	Static Loading Test	kN	170-210	116-170

(*) Ukuran bantalan maupun spesifikasi tersebut dapat disesuaikan dengan desain kecepatan, fungsi dan lokasi penempatannya.

2) Slab Track

- a) Slab track adalah kesatuan konstruksi terbuat dari beton bertulang yang berbentuk pelat sebagai pengganti bantalan yang tidak memerlukan balas berfungsi untuk menerima dan meneruskan beban kereta api.
- b) Slab track digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan kapasitas transport dari kereta selain itu untuk mengurangi interval/rentang dari pemeliharaan serta keamanan dari tenaga kerja.
- c) Slab track direncanakan dan diproduksi dengan spesifikasi mempertimbangkan beban sarana yang melintas serta rencana beban lain yang dibutuhkan.
- d) Slab track dengan lebar 2500 mm dan ketebalan 200 mm. Panjang track slab terdiri dari beberapa jenis, yaitu 3710 mm, 4856 mm, 4925 mm, dan 5600 mm, pada kondisi tertentu, bisa menggunakan slab track dengan panjang spesial desain.
- e) Slab track terhubung ke self-compacting concrete layer dengan menggunakan tulangan baja.



Gambar 3.12 Slab Track

2.5. Sistem Penambat

- a. Sistem penambat berfungsi menjaga kedudukan rel dan mendistribusikan beban, getaran dari berbagai arah yang dihasilkan dari pergerakan kereta melalui rel terutama menahan gaya arah naik/turun, gaya lateral, gaya horizontal dan lain-lain.
- b. Tipe penambat yang digunakan di kereta api kecepatan tinggi menyesuaikan dengan jenis bantalan yang dipakai sesuai dengan kebutuhan teknis.
- c. Sistem penambat yang digunakan adalah sistem penambat jenis elastis yang terdiri dari sistem elastis tunggal dan sistem elastis ganda.
- d. Sistem penambat harus memenuhi persyaratan umum berikut:

- Sistem penambat harus mampu menjaga kedudukan kedua rel agar tetap dan kokoh berada di atas bantalan, baik terhadap beban statis, beban dinamik, gaya rangkak dan getaran pada arah horizontal maupun vertikal dan juga mampu menjaga konsistensi lebar jalan rel (gauge) dan peninggian jalan rel;
- Sistem penambat harus mampu bertahan terhadap korosi dan pengaruh kondisi cuaca dan lingkungan sekitar serta tahanan elektrik (electrical insulation) yang memadai;
- 3) Komponen penambat harus mampu tahan terhadap sinar ultraviolet:
- 4) Untuk rel yang disambung dengan las secara menerus (Continous Welded Rail/CWR), sistem penambat harus mampu mengakomodasi gaya-gaya dalam dan gaya-gaya akibat perubahan suhu pada rel CWR.

Tabel 3.33 Gaya Jepit (Clamping Force) Penambat Pada Jalur Utama

Nomor Seri	Klasifikasi Sistem Penambat	Gaya Jepit kN	Defleksi Pegas mm
1	Sistem penambat untuk track tanpa balas	≥ 9	≥ 12
2	Sistem penambat untuk track dengan balas	≥ 10	≥ 10
3	Penambat dengan resistensi kecil	≥ 3	≥ 7

Tabel 3.34 Kekakuan Statis (Static Stiffness) Penambat Pada Jalur Utama

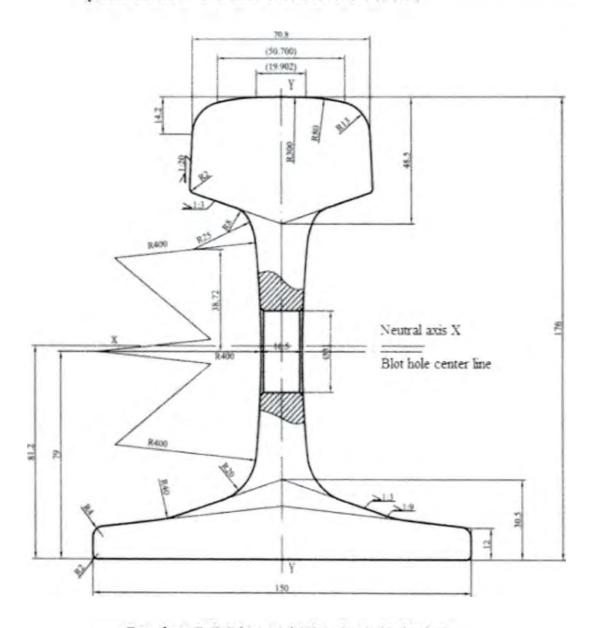
Nomor Seri	Klasifikasi Jenis Track	Kekakuan Statis kN/mm	Rasio Kekakuan Dinamik dan Kekakuan Statis
1	Track tanpa balas	20~30	≤ 1,5
2	Track dengan balas	50~70	≤ 2,0

Untuk penambat di luar jalur utama spesifikasi dapat disesuaikan dengan desain kecepatan, fungsi, dan lokasi penempatannya.

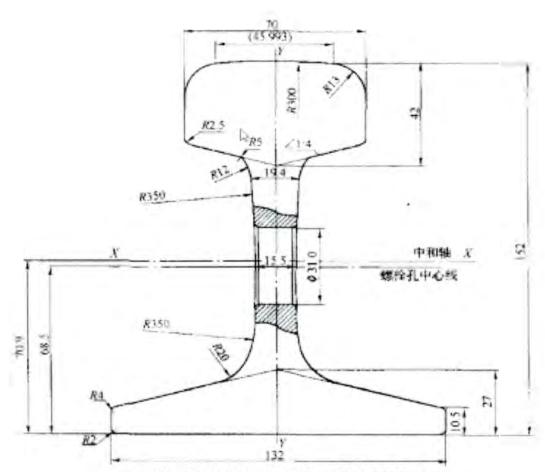
2.6. Rel

- a. Rel merupakan lintasan yang diletakkan pada dua garis sejajar untuk jalur yang tidak berubah, menerus dan merupakan permukaan untuk pergerakan kereta.
- b. Fungsi rel adalah:
 - 1) Memikul beban roda gaya vertikal dari roda ke permukaan rel;
 - Mendistribusikan beban roda pada bantalan atau penopang di bawahnya;
 - 3) Mengarahkan roda dalam arah lateral;
 - 4) Sebagai penghantar listrik pada jalur kereta lsitrik;
 - 5) Sebagai penghantar arus sinyal.
- c. Jenis rel yang digunakan di kereta api kecepatan tinggi harus mempertimbangkan faktor beban, kecepatan, dan radius lengkung. Rel 60 kg/m dengan grade untuk kecepatan tinggi tanpa lubang baut digunakan untuk jalur utama atau di jalur raya, rel 60 kg/m (heat treatment) digunakan pada jalur dengan jari-jari lengkung tidak lebih dari 2800 m (R≤2800 m). Standar panjang rel yang digunakan minimal 50 m.
 - Selain di jalur utama, rel 60 kg/m juga digunakan untuk jalur siding. Di luar itu, bisa digunakan minimum rel 50 kg/m.
- d. Rel harus memenuhi persyaratan:

- 1) Minimum perpanjangan (elongation) 10%;
- 2) Kekuatan tarik (tensile strength) minimum 880 MPa;
- 3) Kekerasan kepala rel 260~380 BHN.
- e. Penampang rel harus memenuhi ketentuan dimensi rel seperti pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 berikut:



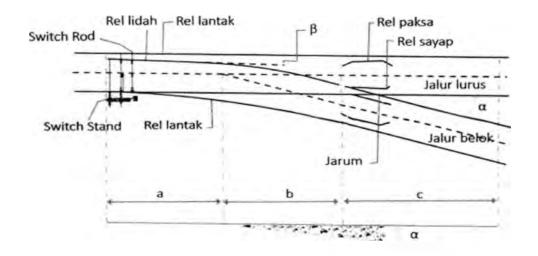
Gambar 3.5 Dimensi Tipe Rel 60 kg/m



Gambar 3.6 Dimensi Tipe Rel 50 kg/m

2.7. Wesel

- a. Wesel adalah suatu sistem mekanik yang memungkinkan kereta api kecepatan tinggi untuk berpindah dari satu jalur ke jalur yang lain.
- b. Wesel terdiri atas komponen komponen sebagaimana dijelaskan di Gambar 3.7:
 - 1) Rel lidah (Switch rail);
 - 2) Jarum (Frog);
 - 3) Rel sayap (Wing);
 - 4) Rel lantak (stock/closure/running rails);
 - 5) Rel paksa (Check rail);
 - 6) Sistem penggerak (Switch).



Keterangan: α = sudut jarum, \square = sudut rel lidah wesel Gambar 3.7 Komponen Wesel

Keakuratan statis dari pemasangan wesel harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 3.35 Standar Akurasi Statis Untuk Pemasangan Wesel Pada Jalur Utama untuk kecepatan rencana 250-350km/jam Ballastless dan kecepatan rencana 250-300km/jam Ballasted

Twist Level Beda Alinyemen Lebar Jalan Rel Longitudinal Tinggi (base length, m) Rasio Toleransi perubahan 2 2 2 2 ± 1 (mm) 1/1500 Panjang 10 benang (m)

Tabel 3.36 Standar Akurasi Statis Untuk Pemasangan Wesel Pada Jalur Utama untuk kecepatan rencana 200-250km (Ballastless)

	Level Longitudinal	Alinyemen	Beda tinggi	Twist (base length, m)	Lebar jala	n rel
Toleransi (mm)	2	2 2	2	2	±1	Rasio Perubahan 1/1500
Panjang benang (m)	10)			7.7	

Tabel 3.37 Standar Akurasi Statis Untuk Pemasangan Wesel Pada Jalur Utama untuk kecepatan rencana 200-250km (Ballasted)

	Level Longitudinal	Alinyemen	Beda tinggi	Twist (base length, m)	Leba	r jalan rel
Toleransi (mm)	3	3	3	3	±2	Rasio Perubahan 1/1500
Panjang benang (m)	10)		-)		

Standar akurasi statis untuk pemasangan wesel di luar jalur utama harus memenuhi persyaratan dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 3.36 Standar Akurasi Statis Untuk Pemasangan Wesel Di Luar Jalur Utama

	O Cu	****			
	Level	Alinyem	ien	Beda	Lebar jalan
	Longitudinal	Jalur lurus	Offset	tinggi	rel
Jalur kedatangan - keberangkatan (mm)	4	4	2	4	+3/-2
Di stasiun lain* (mm)	6	6	2	6	+3/-2

^{*}Di luar stasiun penumpang dan stasiun operasi.

Pemilihan sudut wesel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Kecepatan jalur arah lurus pada wesel yang ditempatkan di jalur utama tidak boleh lebih rendah dari kecepatan desain di jalur utama tersebut.
- 2) Wesel sudut 1:18 digunakan untuk jalur utama dan jalur kedatangan-keberangkatan. Dalam kondisi tertentu ketika kecepatan rencana tidak lebih tinggi dari 160 km/jam, wesel sudut 1:12 dapat digunakan untuk stasiun di mana sebagian besar kereta berhenti, dan untuk stasiun yang direnovasi.
- 3) Wesel sudut 1:12 digunakan untuk jalur kedatangan keberangkatan yang terhubung ke depot EMU (running shed, storage yard), maintenance workshop. Wesel sudut 1:9 dapat digunakan dalam kondisi tertentu.

B. Jembatan

1, Tipe Jembatan

- a. Berdasarkan material untuk struktur jembatan, dibagi menjadi:
 - 1) Jembatan baja;
 - 2) Jembatan beton;
 - 3) Jembatan komposit
- b. Tipe jembatan baja terdiri dari: rasuk, dinding dan lainnya Tipe jembatan baja secara umum dibagi empat kelompok sebagaimana tersebut dalam Tabel 3.34.

Tabel 3.34 Tipe Jembatan Baja

Tipe	Gelagar	Rangka
Dinding	Gelagar Dinding	Rangka Dinding
Rasuk	Gelagar Rasuk	Rangka Rasuk

- 1) Jembatan rasuk adalah jembatan di mana gaya yang timbul dari beban di atasnya diterima langsung oleh gelagar induk untuk diteruskan pada andas (perletakan) baja yang terletak pada pangkal (abutment) dan pilar (pier). Jembatan rasuk dibuat dalam beberapa jenis berdasarkan pada macam gelagar induk yang dipakai.
- 2) Jembatan dinding adalah jembatan di mana gaya timbul dari beban di atasnya diterima oleh gelagar induk dengan melalui perantaraan pemikul memanjang dan pemikul melintang. Jembatan dinding dibuat dalam beberapa jenis berdasarkan macam konstruksi gelagar induk.
- Tipe jembatan beton terdiri dari:
 - Jembatan pelat beton (slab bridge): Untuk bentang pendek, digunakan pelat beton bertulang padat atau berongga. Umumnya dibuat in-situ.
 - 2) Jembatan Pile Slab (atau Slab on Pile, atau Pile supported Slab): Pada daerah yang tanahnya terlalu lunak untuk menjadi

tumpuan pelat beton, maka pelat beton ditumpu oleh tiang pancang. Jembatan ini terdiri dari pelat beton, pile head, dan tiang pancang.

3) Jembatan gelagar balok (beam and slab bridge): Jembatan balok dan pelat adalah bentuk jembatan beton yang paling umum, terdiri dari gabungan antara pelat dan balok beton.

- 4) Jembatan gelagar boks (box girder bridge): Untuk bentang yang lebih besar, gelagar boks beton pratekan adalah metode jembatan beton yang paling umum. Gelagar bentang utama adalah berongga dan berpenampang melintang segi empat atau trapesium, bervariasi dari jembatan ke jembatan dan sepanjang bentang.
- 5) Jembatan pelengkung (arch bridge) adalah jembatan yang bentangannya panjang dapat membuat beban vertikal pada lengkungan sehingga menghasilkan gaya tekan, dibuat dari bahan yang mampu menahan kekuatan beban gaya-gaya yang terjadi.
- Box culvert adalah jembatan berbentuk kotak terbuat dari beton bertulang.
- 7) Gorong-gorong adalah sebuah lubang pembuangan air atau pipa yang memungkinkan air untuk mengalir di bawah jalan kereta api. Gorong-gorong umumnya lebih kecil daripada jembatan, mulai dari pipa 0,3 meter hingga struktur beton bertulang. Gorong-gorong biasanya dikelilingi oleh tanah. Gorong-gorong dapat terbuat dari beton, baja galvanis, atau material lain yang memenuhi persyaratan.
- d. Tipe jembatan komposit adalah jembatan yang mengkombinasikan dua material atau lebih, dengan sifat bahan yang berbeda, dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Jembatan komposit yang umum digunakan adalah kombinasi antara bahan konstruksi baja dengan beton bertulang, yaitu dengan mengkombinasikan baja sebagai gelagar dan beton bertulang sebagai plat lantai jembatan. Agar baja dan beton bertulang membentuk satu kesatuan, maka antara baja dan beton bertulang dilekatkan dengan bantuan penghubung geser (shear connector) secara tepat pada seluruh bentangnya.
- e. Sistem jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:
 - Syarat kekuatan; yaitu: diperhitungkan berdasarkan perhitungan kombinasi beban yang memberikan pengaruh maksimum.
 - Syarat layanan; yaitu: deformasi vertikal, deformasi horizontal dan ruang bebas.
- f. Dalam memilih struktur atas jembatan minimal memenuhi kriteria utama antara lain :
 - Memenuhi ruang bebas vertikal dan horizontal sesuai dengan peraturan yang berlaku.
 - 2) Perawatan
 - 3) Pengaruh terhadap lingkungan.
- g. Jenis-jenis pondasi :
 - fondasi dangkal (Spread Foundation);
 - 2) fondasi Tiang Pancang;
 - fondasi Tiang Bor;
 - 4) fondasi Caisson.
- h. Pemilihan jenis struktur bawah (fondasi) didasarkan pada:
 - Besarnya beban ;

- 2) Daya dukung tanah;
- 3) Kedalaman air tanah;
- 4) Biaya konstruksi; dan
- 5) Dampak terhadap lingkungan.

2. Pembebanan

Pembebanan digunakan dalam perencanaan struktur. Jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan terdapat pada tabel 3.35.

Tabel 3.35 Klasifikasi Pembebanan Klasifikasi Beban Beban a. Beban sendiri dan beban mati tambahan b. Gaya Prategang c. Efek rangkak dan susut beton Beban Mati d. Tekanan tanah e. Tekanan air statis atau gaya apung f. efek akibat penurunan fondasi Beban a. Beban statis kereta Utama b. Efek Dinamis kereta c. Beban akibat muai susut rel d. Gaya sentrifugal e. Beban hunting / nosing Beban Hidup f. Beban hidup kereta diinduksi tekanan tanah g. Beban pejalan kaki h. Beban Aerodinamis a. Beban Pengereman b. Beban Traksi Beban Tambahan c. Beban Angin d. Pengaruh perubahan suhu a. Beban Derailment b. Pengaruh tumbukan kendaraan Beban Khusus c. Beban Konstruksi d. Efek Gempa Bumi

Beban Mati adalah berat masing masing bagian struktural dan elemen elemen non struktural. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 3.36.

e. Gaya Pengereman rel panjang

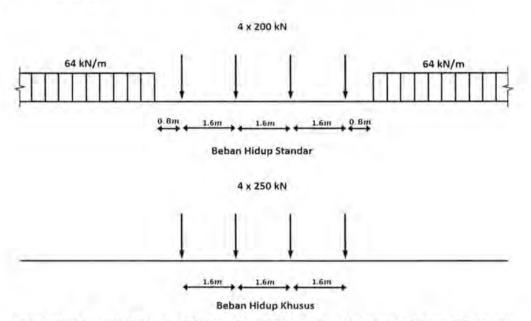
Tabel 3.36 Berat Isi untuk Berat Sendiri

No	Bahan	Bahan Berat Isi (kN/m³)	
1	Besi tuang	71,0	7240
2	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2315
3	Beton prategang	25,0-26,0	2560-2640
4	Beton bertulang	22,0-25,0	2240-2550
5	Baja	76,9	7850
6	Kayu (keras)	11,0	1125

7 Ballast Gravel atau Batu Pecah	19,0	1938	
-------------------------------------	------	------	--

Beban hidup yang digunakan pada kereta api kecepatan tinggi terdiri dari:

Beban hidup standar dan beban hidup khusus sebagaimana pada gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Beban Hidup Standar dan Beban Hidup Khusus

Untuk skema pembebanan antara beban hidup standar dan beban hidup khusus ditinjau dari panjang bentang jembatan yang akan direncanakan. Beban hidup standar digunakan pada bentang panjang sedangkan untuk beban hidup khusus digunakan pada bentang pendek.

Beban Hidup Kereta Cepat Penumpang (KCP)

a) Untuk struktur jembatan yang mempunyai jalur tunggal atau ganda, harus dihitung beban hidup KCP untuk tiap jalur;

b) Untuk struktur jembatan yang memiliki lebih dari dua jalur, maka skenario yang memberikan efek yang lebih besar harus digunakan, yakni: (1) beban hidup KCP diterapkan pada dua jalur di lokasi yang paling kritis, sementara tidak ada beban hidup kereta di jalur lainnya atau (2) 75% beban hidup KCP diterapkan di semua jalur.

c) Ketika menerapkan beban desain, sembarang beban hidup dapat digunakan. Untuk analisis garis pengaruh dengan tanda positif dan negative, beban dapat diaplikasikan pada setiap bagian dengan tanda yang sama; pada bagian – bagian dengan perubahan tanda yang kurang dari 15 m, maka beban hidup tidak boleh diaplikasikan; pada bagian – bagian dengan perubahan tanda yang lebih dari 15 m, beban hidup statis kereta kosong (tanpa penumpang) 10 kN/m,

d) Ketika komponen struktur diperiksa menggunakan beban kereta kosong (tanpa penumpang), harus menggunakan beban hidup vertikal 10 kN/m. Beban hidup gandar dapat juga menyesuaikan dengan spesifikasi kereta yang digunakan.

Efek beban dinamis

- a) Efek dinamis dari beban hidup vertikal kereta harus dimasukkan dalam hitungan struktur jembatan. Dapat dihitung dengan beban vertikal statis dikalikan dengan factor dinamis (1 + µ) Efek dinamis boleh tidak dimasukkan dalam perhitungan abutmen, pier, pondasi, dan tekanan tanah.
- b) Faktor dinamis untuk jembatan harus dihitung dengan rumus berikut dan tidak boleh kurang dari 1,0 (≥ 1,0)).

$$1 + \mu = 1 + \left(\frac{1,44}{\sqrt{L_{\varphi} - 0.2}} - 0.18\right)$$

Keterangan:

Lo: panjang beban (m); saat panjang beban kurang dari 3,61 meter, maka 3,61 meter harus digunakan. Untuk gelagar tertumpu sederhana, bentang gelagar harus digunakan. Untuk gelagar menerus, rata-rata panjang bentang harus dikalikan dengan faktor penyesuai bentang, tapi tidak boleh lebih pendek dari bentang terpanjang.

Tabel 3.37 Faktor Penyesuai Bentang untuk Gelagar Menerus

Jumlah Bentang	2	3	4	> 5
Faktor Penyesuai Bentang	1,2	1,3	1,4	1,5

c) Faktor dinamik untuk desain dudukan (bearing) dapat diambil sama dengan nilai untuk struktur jembatan.

Efek beban dinamis ini dapat dimodifikasi sesuai dengan spesifikasi kereta yang digunakan

Beban horizontal

a) Beban sentrifugal

Untuk jembatan pada trase lengkung, pengaruh dari gaya sentrifugal kereta harus dipertimbangkan, dan harus dihitung sebagai berikut:

Gaya sentrifugal harus diambil sebagai berikut:

Untuk beban hidup terkonsentrasi N:
$$F_N = \frac{v^2}{127R}(f \times N)$$

Untuk beban hidup terdistribusi q:

$$F_q = \frac{v^2}{127R}(f \times q)$$

Keterangan:

N : beban terkonsentrasi yang ditunjukkan pada beban hidup standar

q : beban terdistribusi yang ditunjukkan pada beban hidup standar

v : kecepatan desain (km/jam)

R : jari-jari kelengkungan belok

f : faktor reduksi beban hidup: f = 1,0 jika hasil perhitungan nilainya > 1,0; f dihitung menggunakan v = 250 km/jam jika kecepatan desain v > 250 km/jam.

$$f = 1,00 - \frac{v - 120}{1000} \left(\frac{814}{v} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L}} \right)$$

Keterangan:

L: panjang dari beban hidup pada bagian melengkung; f harus dihitung berdasarkan L = 150 m jika L > 150 m.

- (2) Gaya sentrifugal adalah gaya horizontal yang diaplikasikan pada 1,8 m di atas puncak rel dan ke arah luar
- (3) Jika kecepatan desain lebih besar dari 120 km/jam, tiga kombinasi ini dari gaya sentrifugal dan beban hidup vertical harus dipertimbangkan:

(a) Kombinasi dari beban hidup penuh dan gaya sentrifugal yang dihitung pada kecepatan 120 km/jam (f = 1.00):

- (b) Kombinasi dari beban hidup tereduksi (f×N, f×q) dan gaya sentrifugal yang dihitung dengan kecepatan desain (f<1,00);</p>
- (c) Kombinasi beban hidup tanpa gaya sentrifugal
- b) Beban nosing harus diambil sebagai beban horizontal 100 kN yang bekerja di atas rel. Untuk jembatan dengan beberapa lajur, hanya satu jalur yang akan dihitung.
- c) Beban pengereman dan traksi Beban pengereman atau traksi pada jembatan harus diambil 10 % dari beban kereta. Beban ini diambil sebesar 7 % dari beban hidup kereta apabila dipertimbangkan bersamaan dengan gaya sentrifugal atau beban dinamik vertikal. Untuk jembatan dengan dua jalur yang terletak di luar area stasiun, gaya pengereman atau gaya traksi yang bekerja pada satu jalur harus dipertimbangkan; untuk jembatan dua jalur yang berada di area stasiun, beban akibat gaya pengeraman dan traksi harus dipertimbangan bersamaan. Untuk jembatan dengan tiga atau lebih jalur, gaya traksi atau pengereman pada dua jalur harus dipertimbangkan.
- d) Efek tekanan tanah horizontal/lateral, beban hidup kereta yang bekerja di dalam bidang keruntuhan tanah timbunan di belakang abutment harus direpresentasikan sebagai lapisan tanah seragam yang ekuivalen.
- e. Beban gempa

Beban gempa mengacu kepada peraturan dan kondisi daerah tertentu.

f. Beban Air

Gaya seret nominal ultimit dan daya layan pada pilar akibat aliran air tergantung pada kecepatan air rata-rata. Formula gaya seret dan faktor beban untuk perhitungan gaya akibat aliran air dapat digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan yang masih berlaku.

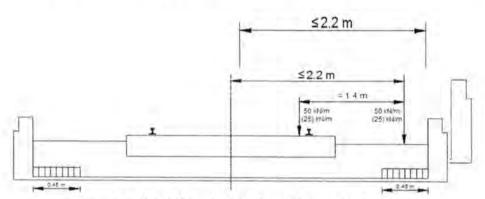
g. Beban kereta tergelincir (derailment)

Beban kereta tergelincir harus dipertimbangkan terjadi pada jembatan yang lebih panjang dari 15 meter. Beban kereta tergelincir tidak mempertimbangkan efek dinamik. Hanya satu jalur yang dihitung untuk beban kereta tergelincir pada jembatan jalur berganda, dan beban hidup kereta tidak harus dipertimbangkan untuk jalur lainnya. Dua kondisi berikut harus dipertimbangkan untuk beban tergelincir:

 Setelah tergelincir, dengan asumsi roda pada satu sisi berada di antara dua rel, beban tergelincir direpresentasikan sebagai dua beban garis paralel berjarak 1,4 meter satu dengan lainnya, bekerja paralel terhadap garistengah jalur, berlokasi pada satu sisi jalur dan pada 2,2 m dari garistengah jalur, diaplikasikan pada lokasi yang paling tidak menguntungkan, tapi tidak melebihi dinding penahan balas (ballast retaining wall) atau dinding penahan (barrier wall). Beban-beban ini merupakan kombinasi dari beban garis sebesar 50 kN/m sepanjang 6,4 m dan diperpanjang pada kedua ujung dengan beban garis sebesar 25 kN/m, yang ditunjukkan pada Gambar 3.17.

b) Setelah tergelincir, jika kereta berada secara penuh di luar jalur tapi tetap pada sisi geladak, beban tergelincir harus merupakan kombinasi beban tergelincir vertikal dan beban tergelincir horizontal. Kondisi beban tergelincir vertikal ditunjukkan pada Gambar 3.18 dan direpresenatsikan sebagai beban garis tunggal sepanjang 20 m paralel terhadap garistengah jalur, dan diaplikasikan di dalam dinding penahan pada jarak maksimum 2,2 m dari garistengah jalur; bebannya adalah 64 kN/m.

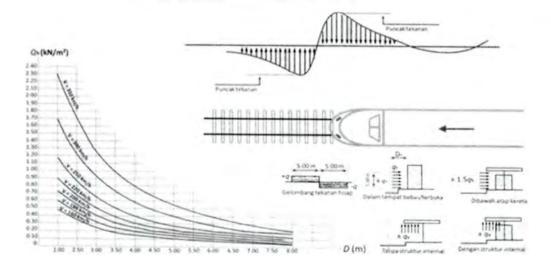
Gambar 3.17 Kondisi Beban Tergelincir 1



Gambar 3.18 Kondisi Beban Tergelincir 2

h. Beban aerodinamis

a) Untuk kereta api kecepatan tinggi, gaya aerodinamik pada struktur atau komponen yang dihasilkan dari lewatnya kereta, dijelaskan di Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Efek Aerodinamis pada Kereta Api Kecepatan Tinggi

 Sedangkan untuk gaya aerodinamis horizontal qv harus dihitung sesuai rumus berikut ini.

$$q_v = 2q_h \frac{7D + 30}{100}$$

Keterangan:

qh: Gaya aerodinamis horizontal (kN / m2)

D: jarak antara garis akting dan track center (m)

Untuk struktur atau komponen di bawah penutup atas, q_h dan q_v dikalikan dengan faktor tahanan 1,5. Untuk perancangan penghalang suara, q_h dan q_c harus disorot dengan beban angin yang dihasilkan oleh kereta yang lewat

3. Kombinasi pembebanan

- Struktur Jembatan harus dirancang dengan menggunakan kombinasi beban sebagai berikut:
 - Kombinasi beban Utama (Beban Tetap + Beban Hidup)
 - · Beban Utama + Kombinasi Penambahan Beban
 - Beban Utama + Kombinasi Beban Khusus
- Desain jembatan harus mempertimbangkan kombinasi beban utama dengan beban tambahan dalam satu arah. Hanya (longitudinal atau transversal)

4. Lendutan

Lendutan didefinisikan sebagai besaran penyimpangan (deflection) yang tidak boleh melebihi persyaratan koefisien terhadap bentang teoritis. Batas lendutan ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk kereta api kecepatan tinggi yang menggunakan rel standar (1435 mm) dengan kecepatan maksimum 350 km per jam, maka batas lendutan adalah sebagai berikut:
 - Untuk jembatan dengan bentang 96 meter atau kurang, maka kekakuan dari tiang, abutmen, dan gelagar jembatan, harus didesain sesuai dengan standar ini.
 - Lendutan vertikal akibat beban hidup untuk kereta cepat tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut

Tabel 3.38 Batas Lendutan Vertikal

Kecepatan	Bentang L (m)								
Desain (km/jam)	L ≤ 40	40 < L ≤ 80	80 < L ≤ 96						
250	L / 1400	L / 1400	L / 1000						
300	L / 1500	L / 1600	L / 1100						
350	L / 1600	L / 1900	L / 1500						

Catatan:

- Nilai di atas adalah untuk jembatan dengan jalur ganda dan dengan gelagar tumpuan sederhana (simply supported girder bridge), dengan 3 bentang atau lebih.
- Untuk gelagar kontinyu (continuous girder bridge) dengan 3 bentang atau lebih, maka nilai di atas dikalikan dengan 1,1.
- Untuk gelagar kontinyu 2 bentang dan gelagar tumpuan sederhana 1 atau 2 bentang berjalur ganda, maka nilai di atas dikalikan dengan 1,4.
- Untuk jembatan jalur tunggal dengan gelagar kontinyu dan gelagar tumpuan sederhana, nilai di atas dikalikan dengan 0,6.

5. Beban akibat penurunan / settlement

Perhitungan settlement fondasi abutment atau pier harus dihitung berdasarkan beban mati. Settlement pasca konstruksi yang tidak boleh melebihi nilai yang diizinkan pada tabel berikut:

Tabel 3.39 Batas izin penurunan pondasi abutment atau pier

pasca konstruksi pada track ballast

Desain kecepatan	Jenis penurunan	Nilai batas (mm)		
	Penurunan seragam	30		
≥250 km/jam	Beda penurunan dengan abutment atau pier terdekat	15		
	Penurunan seragam	50		
200 km/jam	Beda penurunan dengan abutment atau pier terdekat	20		
	Penurunan seragam	80		
≤160 km/jam	Beda penurunan dengan abutment atau pier terdekat	40		

Tabel 3.40 Koefisien beban angin berdasarkan bentuk penampang pier pondasi abutment atau pier pasca konstruksi

nada traak tanna hallast

Desain kecepatan	Jenis settlement	Nilai batas (mm)		
	Penurunan seragam	20		
250 km/jam	Beda penurunan dengan abutment atau pier terdekat	5		
	Penurunan seragam	20		
≤200 km/jam	Beda penurunan dengan abutment atau pier terdekat	10		

6. Beban angin

Intensitas beban angin pada jembatan dihitung dengan formula berikut:

 $W=K_1K_2K_3W_0$

Keterangan:

W : intensitas angin (Pa)

Wo :tekanan angin fundamental (Pa), W0=1/1.6 v2 yang ditentukan dari perhitungan berdasarkan kecepatan angin maksimum rata-rata setiap 10 menit yang dihitung pada ketinggian 20m dari tanah.

 K_1 : koefisien beban angin berdasarkan bentuk pier

Ko : faktor variasi ketinggian tekanan angin

 K_3 : koefisian berdasarkan kondisi topografi dan geografi Tabel 3.41 Koefisien beban angin berdasarkan bentuk penampang pier

No.	Bent	Rasio panjang terhadap lebar	Kı	
1	-	Lingkaran	-	0.8
2	-	Persegi	3	1.4
		Persegi	l/b≤1.5	1.2
3 -	→ <u> </u> — 1 —	panjang dengan angin mengenai sisi terpendek	l/b>1.5	0.9
		Persegi	<i>l/b</i> ≤1.5	1.4
4 —		panjang dengan angin mengenai sisi terpanjang	<i>l/b</i> >1.5	1.3
5	→ <u> </u>	Penampang ujung bulat dengan angin mengenai sisi terpendek	<i>l/b</i> ≥1.5	0.:
	41.5	D	<i>l/b</i> ≤1.5	0.8
6		Penampang ujung bulat dengan angin mengenai sisi terpanjang	<i>l/b</i> >1.5	1.

Tabel 3.42 Koefisien variasi ketinggian tekanan angin

Ketinggian dari muka tanah atau muka air (m)	≤20	30	40	50	60	70	80	90	100
K_2	1	1.13	1.22	1.3	1.37	1.42	1.47	1.52	1.56

Tabel 3.43 Koefisian berdasarkan kondisi topografi dan geografi

Kondisi topografi dan geografi	K ₃
Area datar dan terbuka	1
Kota, cekungan diwilayah hutan, dan ketika ada halangan sehingga menghentikan angin	0.85 ~ 0.9
Pegunungan, lembah, jalur gunung, daerah celah angin, permukaan danau, dan waduk	1.15 ~ 1.3
Daerah celah angina khusus	Diukur berdasarkan investigasi aktual lapangan

Catatan ; ketika ada kereta diatas bridge, maka intensitas beban angina dihitung 80% W dan tidak lebih dari 1250 Pa

7. Pengaruh perubahan suhu

Perbedaan temperatur ditentukan oleh kondisi lokal dan kondisi konstruksi.

8. Pengaruh kendaraan / vehicle impact

Beban impact kendaraan pada pier harus dipertimbangkan dan dua arah secara terpisah dan diaplikasikan 1.2 m di atas permukaan jalan. Beban impact 1000 kN digunakan dalam arah laju kendaraan, atau 500 kN digunakan dalam arah tegak lurus dengan arah laju kendaraan.

9. Efek susut beton

Struktur tak tentu seperti rangka kaku / rigid frame dan lengkung / arch, beton prestressed, dan girder komposit, efek susut beton harus dipertimbangkan pada jembatan

C. Terowongan

1. Jenis Terowongan

Terowongan untuk kereta api kecepatan tinggi terdiri dari tiga jenis:

a. Terowongan pegunungan (mountain tunnel)

1) Terowongan Pegunungan adalah terowongan yang dibangun menembus daerah pegunungan dengan menggali pegunungan menggunakan peralatan TBM (Tunnel Boring Machine), Peralatan penggalian konvensional dan menggunakan peledakan lubang galian.

2) Pelapisan (Lining) adalah struktur pengaman terowongan dengan cara menahan tekanan tanah dan air. Adapun Jenis-jenis Pelapisan (Lining) tergantung dengan jenis lapisan batuan dalam terowongan yang didesain dengan kekuatan mampu menahan keruntuhan batuan diatasnya seperti Beton Bertulang, Baja komposit, dan Konstruksi Baja.

b. Terowongan Perisai

- Terowongan perisai adalah terowongan yang dibangun dengan menggunakan mesin TBM (Tunnel Boring Machine) dengan memberi pelapisan (lining) berbentuk segmental menyerupai perisai untuk mencegah keruntuhan tanah.
- 2) TBM (Tunnel Boring Machine) adalah peralatan untuk menggali terowongan sekaligus memberi perisai.
- 3) Pelapisan(Lining) adalah struktur pengaman terowongan yang berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air. Jenis- jenis struktur pelapisan segmental perisai yaitu:
 - a) Reinforced Concrete Segment (RC): terbuat dari beton bertulang pracetak.
 - b) Composite Segment: Terbuat dari bahan campuran baja dan bahan synthetic lainnya.
 - c) Cast iron Segment: terbuat dari baja cetak
 - d) Steel Segment: Konstruksi Dinding Baja

c. Terowongan gali timbun (cut and cover tunnel):

- Terowongan gali-timbun adalah terowongan yang dibangun dengan metode pembuatan terowongan dengan menggali tanah, membangun struktur terowongan, lalu menimbun kembali dan permukaan tanah di atasnya dimanfaatkan kembali sesuai desain.
- Kriteria kondisi untuk memilih menggunakan terowongan galitimbun, sebagai berikut;
 - a) Pada rencana lapisan tanah bagian atas terowongan tipis dan tidak mungkin untuk menggunakan Tunnel Boring Machine (TBM) atau metode peledakan.

b) Pada daerah yang rawan longsor, batuan yang mudah runtuh, atau lapisan yang mudah lepas (loose).

- 3) Desain struktur Terowongan Gali-Timbun menggunakan sistem monolit-dengan penampang Lingkaran (Arch Ring) atau kotak dengan dimensi sesuai ketentuan persyaratan ruang bebas Jalan Rel. Maksud dari monolit yaitu beton yang digunakan bersifat monolit untuk menjadi satu kesatuan dengan construction join (dowel). Lapisan dinding luar dan timbunan penutup terowongan diperkuat dengan baik dan ketebalan yang cukup sesuai perhitungan konstruksi.
- 4) Desain lapisan dasar terowongan/invert terowongan pada daerah tanah lunak (pada kelas batuan IV s/d VI pada Tabel

C-7 atau di antara kekerasan tanah yang berbeda, maka lapisan dasar terowongan/invert terowongan harus diperhitungkan menggunakan perbaikan tanah dasar sampai mencapai daya dukung yang diharapkan.

5) Kemiringan dan ketebalan lapisan diatas terowongan gali timbun harus ditentukan sesuai dengan kebutuhan penggunaan/pemanfaatan permukaan diatasnya. Untuk mencegah keruntuhan dan keamanan struktur terowongan, Ketebalan lapisan di atas terowongan (overburden) harus memenuhi tabel 3.44, tabel 3.45, atau tabel 3.46. Kondisi ini dipengaruhi faktor eksternal, Jika berada diluar tabel maka diperlukan justifikasi perhitungan teknis dan perhitungan desain sehingga penentuan ukuran di lapangan tetap memastikan keamanan struktur.

Tabel 3.44 Ketebalan lapisan di atas terowongan (overburden)
dengan permukaan yang rata (m)

Kelas Batu	ian	III	IV	V
Terowongan tunggal	jalur	5-7	10-14	18-25
Terowongan jalu	ır ganda	8-10	15-20	30-35

Tabel 3.45 Ketebalan maksimum lapisan di atas terowongan (overburden) dengan tekanan tidak simetris tanpa perkuatan

Kemiringan			Kelas	Batuan		Skema
tanah 1 : m	Jalur	III	IV batu	IV tanah	v	
1:0,75	Jalur tunggal	3,0	*	*	*	
1.1	Jalur tunggal	*	3,0	5,0	12,0	A Contractor of the Contractor
1:1	Jalur ganda	3,0	8,0	*	*	and I
1:1,25	Jalur ganda	*	*	10,0	*	2 0
1:1,5	Jalur tunggal	*	2,0	4,0	9,0	
1 . 1,0	Jalur ganda	3,0	7,0	9,0	20,0	
1:2	Jalur tunggal	*	2,0	3,5	7,0	
1,2	Jalur ganda	*	6,0	8,0	17,0	
1:2,5	Jalur tunggal	*	*	3,0	6,0	
1.2,5	Jalur ganda	*	*	7,0	14,0	

Keterangan

1. Nilai t untuk kelas batuan VI dapat ditentukan dengan perhitungan.

2. Untuk kelas batuan III dan IV, nilai t harus dikurangi dengan ketebalan lapisan permukaan yang rusak/lapuk dan lapisan yang tidak rata.

3.Simbol " * " menandakan kurangnya data statistik, sehingga nilainya dapat ditentukaan dengan metode analogi rekayasa atau berdasarkan pengalaman. Tabel 3.46 Ketebalan maksimum lapisan di atas terowongan (overburden) dengan tekanan tidak simetris dengan

perkuatan Jalur Kelas Batuan Skema Kemiringan tanah IV IV III V 1:mbatu tanah Jalur 1:0.75 3.0 tunggal Jalur 12,0 3,0 5,0 1:1 tunggal * 3,0 8,0 Jalur ganda * 1:1,25Jalur ganda 10.0 Jalur * 2,0 4,0 9,0 1:1,5 tunggal 9.0 20,0 Jalur ganda 3.0 7.0 Jalur 2,0 3,5 7,0 1:2 tunggal 17,0 Jalur ganda 6,0 8,0 Jalur * * 3.0 6,0

Keterangan:

1:2.5

1.Untuk kelas batuan II dan IV, nilai t harus dikurangi dengan ketebalan lapisan permukaan yang rusak/lapuk dan lapisan yang tidak rata.

7.0

14.0

*

2.Simbol " * " menandakan kurangnya data statistik, sehingga nilainya dapat ditentukaan dengan metode analogi rekayasa atau berdasarkan pengalaman.

6) Timbunan pada dinding luar terowongan harus ditentukan sesuai tipe terowongan, klasifikasi batuan disekitarnya, dan metode pelaksanaan konstruksinya.

2. Syarat Perencanaan Terowongan

- a. Untuk keperluan perencanaan dan pelaksaaan konstruksi terowongan diperlukan survey dan investigasi lapangan, yang meliputi kondisi:
 - alam, bentuk tanah, sifat geomorphic;

tunggal

Jalur ganda

- 2) karaktereistik geologi, perubahan struktor geologi, karakteristik patahan, sifat fisik dan mekanis dari tanah disekitarnya;
- karakteristik hidrogeologi, tipe air tanah, level air tanah, koefisien permeabilitas distribusi aquifer;
- kondisi geologi yang tidak menguntungkan dan spesial batuan dan tanah yang membahayakan kemanan portal dan stabilitas terowongan,
- 5) parameter gempa/getaran;
- 6) kondisi meteorologi, suhu udara, arah angin dan kecepatannya;
- kondisi konstruksi.
- b. Investigasi geologi di dalam tahapan konstruksi dilakukan dengan beberapa metode seperti suvey lapangan, mapping, penyelidikan gelombang elastis, penginderaan jarak jauh, pengeboran, pengujian untuk ukuran terowongan. Investigasi geologi meliputi:
 - pemantauan struktur lapisan tanah, sifat fisik batuan, formasi batuan dan air tanah;
 - prediksi akan penyelesaian masalah geologi dan hidrologi selama pelaksanaan konstruksi;
 - Dasar dan referensi untuk perhitungan serta modifikasi design terowongan.
- c. Hasil investigasi meliputi:
 - 1) Dukungan batuan sekitarnya dijelaskan pada Tabel C-7

2) Perbandingan usulan antara membangun satu terowongan jalur ganda atau dua terowongan jalur tunggal harus dilakukan. Jarak minimum antara dua terowongan ditentukan faktor kondisi geologi sekitar batuan, dimensi penampang melintang terowongan, metode konstruksi. Pada umumnya jarak minimum antara dua terowongan harus lebih besar dari pada nilai yang ditunjukkan di Tabel 3.47. Untuk Terowongan perisai yang pembangunannya dengan menggunakan alat TBM (Tunnel Boring Machine) jarak minimum antara dua terowongan atau antara Terowongan dengan bangunan bawah tanah bisa diperkecil dengan mempertimbangkan efek getaran dan kondisi lapisan tanah setempat.

Tabel 3.47 Jarak Minimum Antara Dua Terowongan

Kelas Batuan Sekitar	τ	11~111	IV	v	VI
Jarak Bersih	(1,5~2,0)B	(2,0~2,5)B	(2,5~3,0)B	(3,0~5,0)B	>5,0B

Catatan: "B" adalah lebar dari penampang terowongan

- 3) Dampak buruk dari pengoperasian kereta berkecepatan tinggi, seperti derajat kemiringan, kenyamanan penumpang, struktur terowongan, dan lingkungan yang terjadi akibat efek aerodinamika yang dihasilkan oleh kereta yang memasuki terowongan harus diperhitungkan dalam mendesain terowongan.
- 2) Gradien di terowongan dapat dirancang dengan kemiringan satu arah (one-way slope) atau kemiringan ganda. Kemiringan ganda seharusnya digunakan untuk terowongan panjang dengan air tanah yang cukup banyak dan gradien ≥ 1 °/₀₀, dan untuk kondisi tertentu ≥ 3 °/₀₀.
- Bila ada bangunan atau kebutuhan khusus di portal terowongan, struktur tersebut harus dapat mengurangi efek dinamik udara dan bahaya getaran suara.

3. Persyaratan Sistem terowongan

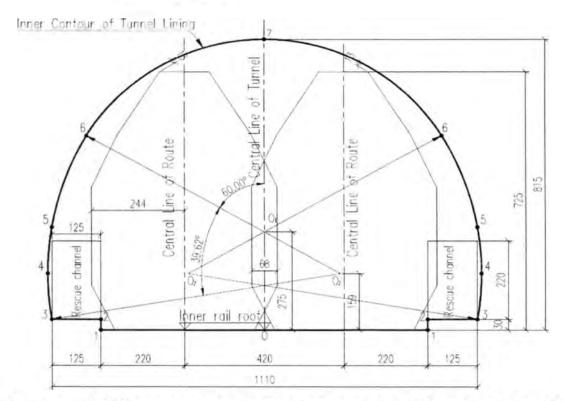
Sistem terowongan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. ruang bebas dan dimensi terowongan;
- b. geometri terowongan;
- c. pembeban;
- d. stabilitas konstruksi; dan
- e, kedap air.

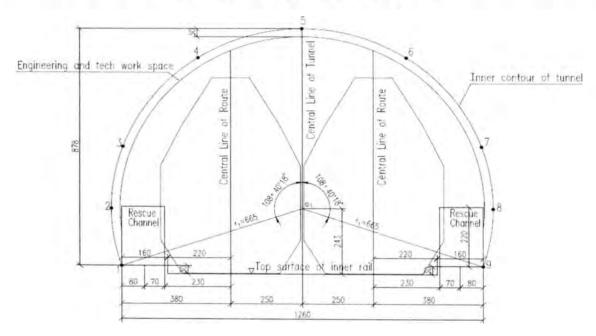
3.1 Ruang bebas dan Dimensi terowongan

- Ruang bebas dalam terowongan memperhitungkan jenis sarana perkeretaapian yang dioperasikan.
- b. Penampang melintang terowongan ditentukan dengan memperhatikan faktor: jarak konstruksi/halangan ke terowongan, jumlah track dan jarak antara track; space yang diperlukan untuk peralatan di terowongan, efek aerodinamis; tipe struktur dan metode pemeliharaan selama operasional kereta
- Penampang melintang terowongan untuk kereta api kecepatan tinggi
 - Untuk kecepatan 250 km/jam, luas penampang bersih efektif dari terowongan (effective area of the tunnel clearance) untuk

- jalur ganda adalah ≥ 90 m² dan untuk jalur tunggal adalah ≥ 58 m^2 .
- 2) Untuk kecepatan 300-350 km/jam, luas penampang bersih efektif dari terowongan (effective area of the tunnel clearance) untuk jalur ganda adalah ≥ 100 m² dan untuk jalur tunggal adalah ≥ 70 m².



Gambar 3.20 Penampang Melintang Terowongan Jalur Ganda untuk Kereta Berkecepatan 250 km/jam



Gambar 3.21 Penampang Melintang Terowongan Jalur Ganda untuk Kereta Berkecepatan 300 dan atau 350 km/jam

3.2 Geometri terowongan

Geometri terowongan harus mempertimbangkan geometri jalan rel dan drainase dengan kelandaian jalan rel dalam terowongan sekurang-kurangnya 1 º/oo.

2.3 Pembebanan

Kontruksi terowongan harus mempertimbangkan sekurangkurangnya beban sebagai berikut:

- a. Beban tanah atau batuan di atasnya (overburden);
- b. Beban mati dan beban hidup;
- c. Beban akibat tekanan air;
- d. Beban gempa; dan
- e. Beban lainnya.

2.4 Stabilitas konstruksi

- a. Stabilitas konstruksi terowongan untuk jenis terowongan pegunungan harus didasarkan atas penyelidikan sekurangkurangnya sebagai berikut:
 - 1) Topografi;
 - 2) Geologi;
 - 3) Tanah;
 - 4) Hidrologi;
 - 5) Udara berkadar oksigen rendah dan gas berbahaya; dan
 - 6) Lingkungan
- b. Stabilitas konstruksi untuk jenis terowongan gali timbun dan terowongan perisai harus didasarkan atas penyelidikan sekurang-kurangnya sebagai berikut:
 - 1) Topografi;
 - 2) Geologi;
 - 3) Hidrologi;
 - 4) Tanah;
 - 5) Daerah amblesan;
 - 6) Udara berkadar oksigen rendah dan gas berbahaya; dan
 - 7) Lingkungan.

3.5 Kedap Air

Sistem kedap air dan drainase pada terowongan harus dirancang berdasarkan pada perpaduan prinsip kekedapan air, penyaluran, dan penampungan yang direncanakan secara komprehensif dan sesuai dengan kondisi alam. Sistem harus menjamin keamanan struktur jalan rel dalam terowongan dari rembesan dan genangan, serta keselamatan dalam operasional.

Pelapisan kedap air pada dinding terowongan harus memenuhi :

- a. Pelapisan harus bebas dari rembesan;
- b. Dinding terowongan (Lining) harus kedap air;
- Lapisan membran kedap air dengan ketebalan ≥ 1,5 mm, harus ditempatkan antara pelapis primer (primary lining) dan pelapis sekunder (secondary lining);
- d. Sistem drainase permanen dalam terowongan harus bebas dari genangan;
- e. Drainase terowongan selama konstruksi dan operasional dapat berdampak pada lingkungan di sekitar terowongan. Saluran pembuangan keluar terowongan harus memperhatikan dampak erosi tanah, genangan air pada lingkungan sekitar terowongan.

4. Persyaratan Komponen

4.1.Komponen terowongan

- a. Komponen Terowongan Pegunungan terdiri dari:
 - 1) Portal;
 - 2) Pelapis primer (Primary Lining):
 - a. Porepolling;
 - b. Baja penyangga (Steel support);
 - c. Baut batuan (Rock bolt/anchor bolt);
 - d. Wiremesh and bracing;
 - e. Beton tembak (Shotcrete).
 - Lapisan kedap air dan drainase (Waterproof and Drainage Layer):
 - a. Karet Kedap air (Rubber waterstop);
 - b. Lapisan geotekstile (Geotextile layer);
 - c. Lapisan geomembran (Geomembran layer);
 - d. Pipa berlubang (Perporated pipe).
 - 4) Pelapis sekunder (Secondary Lining):
 - a) Lapis sekunder bagian lengkung terbalik (Inverted arch Secondary Lining);
 - b) Dinding atap lengkung sekunder (Archwall secondary Lining).
 - 5) Culvert
 - 6) Fasilitas Pendukung.
- b. Komponen Terowongan Perisai terdiri dari:
 - 1) Open Cut;
 - 2) Shaft;
 - 3) Slurry grouting;
 - 4) Dinding (lining);
 - 5) Culvert; dan
 - Fasilitas pendukung.
- c. Komponen Terowongan Gali Timbun terdiri dari:
 - 1) Portal;
 - 2) Dasar terowongan (invert);
 - Lining dengan 2 kali pengecoran yaitu lapis sekunder bagian lengkung terbalik (inerted arch sec. Lining) dan dinding atap lengkung sekunder (archwall secondary lining); dan
 - 4) Culvert;
 - 5) Fasilitas pendukung.

4.2.Portal

Portal dirancang dengan memperhitungkan kekuatan dan stabilitas struktur berdasarkan topografi, kondisi geolgi, dampak terhadap lingkungan, analisis teknik, dan metode konstruksi yang komprehensif. Perencanaan pembuatan portal terowongan harus memperhatikan hal- hal sebagai berikut:

- Panjang bagian portal harus disesuaikan dengan kondisi lereng dan stabilitas batuan pada lereng untuk menghindari keruntuhan dan untuk meminimalkan dampak berbahaya bagi lingkungan;
- b. Bila ada bangunan di dekat portal terowongan atau ada persyaratan lingkungan khusus, maka perlu buat struktur buffer pada portal yang di atur sesuai dengan persyaratan pada Tabel 3.48.

Tabel 3.48 Nilai Tekanan Gelombang Mikro yang diijinkan terhadap Bangunan Terdekat untuk menentukan Struktur *Buffer*

Jarak dari bangunan terdekat ke terowongan portal	Titik pemantauan	apakah ada persyaratan lingkungan khusus untuk bangunan terdekat ?	Nilai puncak gelombang mikro-tekanan		
< 50 m	Bangunan	Ya	Sesuai persyaratan		
		Tidak	< 20 Pa		
≥ 50 m	20 m dari portal terowongan	Ya	≤ 50 Pa		

4.3.Beton tembak / shotcrete

Beton tembak dirancang agar mampu berfungsi penyangga dengan persyaratan sebagai berikut:

- Dapat terikat dengan permukaan batuan/tanah dan memiliki kekuatan lekat awal sehingga tidak terjatuh oleh beratnya sendiri;
- b. Dalam jangka panjang mampu mempertahankan kekuatan (strength), ketahanan (durability);
- Untuk penggunaan tulangan besi beton pada shotcrete tergantung pada kondisi batuan;
- d. Kuat tekan dasar beton tembak sekurang-kurangnya C20;
- e. Pada Terowongan Perisai pelaksanaan grouting dilakukan secara mekanis pada TBM (Tunnel Boring Machine) setelah penggalian secara simultan, sebelum pemasangan Beton segmental (segmental lining).

4.4.Baja Penyangga/Steel Support

Baja penyangga (steel support) dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan sebagai berikut:

- Mampu memikul batuan sebelum beton tembak dapat bekerja secara optimal;
- Baja penyangga (steel support) dilengkapi dengan kait (bracing) penyangga yang menghubungkan penyangga yang satu dengan lainnya;

4.5.Baut/Angkur Batuan/Rock Bolt

Baut batuan harus dirancang agar mampu menahan lapisan batuan dengan persyaratan sebagai berikut:

- Kekuatan penjangkaran baut pada batuan harus lebih besar dari kekuatan tarik baut batuan itu sendiri;
- Kekuatan baut pada batuan diperhitungkan berdasarkan kebutuhan beban penyanggaan;
- Baut batuan dilengkapi dengan pelat tumpu (bearing plate) untuk menyalurkan gaya dari baut ke beton tembak sehingga merupakan satu kesatuan penyangga;

4.6.Dasar Terowongan (Invert)

Dasar terowongan terbuat dari beton dengan mutu sekurangkurangnya C20;

Desain struktur antara dasar terowongan dan balastless track:

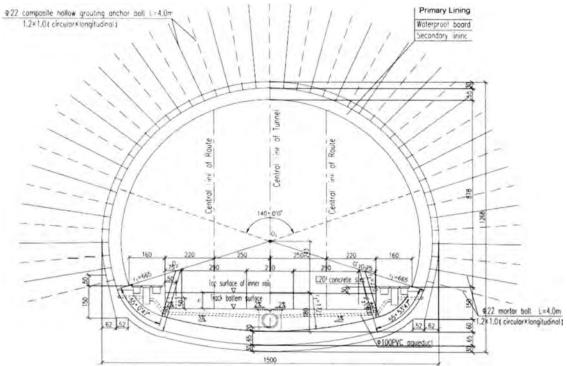
a. Slab bawah harus direncanakan terhubung dengan dasar terowongan;

 Bagian bawah terowongan harus dievaluasi sebelum balastless track diletakkan.

Setelah penyelesaian kontruksi, penurunan dan deformasi dari struktur terowongan harus diobservasi terutama stuktur bawah.

4.7. Dinding Terowongan (Lining)

- Jenis dinding terowongan berdasarkan jenis terowongan dan material:
 - Untuk terowongan pegunungan menggunakan dinding lapisan terowongan komposit;
 - Untuk Terowongan Perisai menggunakan dinding segmental;
 - Untuk terowongan gali-timbun menggunakan lapis terowongan monolit.
- Desain dinding terowongan harus memperhitungkan dampak dari tekanan hidrostatis terhadap pelapis terowongan.
- c. Untuk terowongan pegunungan yang berada pada batuan kelas I dan II, struktur pelapis sekunder (secondary lining) terdiri dari dinding lengkung dan pelat bawah. Untuk batuan kelas III - VI struktur pelapis terdiri dari dinding lengkung dan pelat bawah yang diperkuat dengan pondasi dasar terowongan .
- d. Kekuatan dari dinding beton tanpa tulangan ≥ C30, sedangkan untuk pelapis utama beton bertulang ≥ C35. Untuk batuan sekitar di Kelas I dan II, ketebalan pelat bawah > 30 cm, ditambahkan dua lapis baja tulangan. Kekuatan beton pelat bawah ≥ C35, sedangkan kekuatan beton untuk Lapisan dasar (Invert) terowongan ≥ C20.
 - e. Untuk pelapis primer (primary lining) di batuan sekitar pada Kelas IV- Kelas VI, harus menggunakan pelapis dari beton bertulang, sedangkan untuk pelapis dasar di batuan sekitar pada Kelas I - Kelas III, digunakan lapis beton tanpa tulangan dan boleh fiber dicampurkan.



Gambar 3.22 Invert, Primary dan Secondary Lining Terowongan

4.8. Fasilitas Pendukung Terowongan

Fasilitas pendukung terowongan sekurang-kurangnya memiliki:

- a. Sistem sirkulasi udara;
- b. Drainase;
- c. Lampu penerangan;
- d. Jalan inspeksi, penyelamatan dan papan petunjuk evakuasi;
- e. Standar niose dan vibrasi;
- f. Ruang sebaguna (multi usage chamber).

4.8.1. Sistem Sirkulasi Udara

- a. Sirkulasi udara mekanis untuk terowongan kereta api kecepatan tinggi dipasang jika panjang terowongan lebih dari 20 km. Emergency exit diperlukan untuk terowongan panjang lebih dari 5 km.
- b. Pada terowongan jalur tunggal (single track), Sistem sirkulasi udara mekanis harus disediakan untuk terowongan kereta dengan lokomotif diesel pada terowongan > 2 km. dan untuk terowongan kereta listrik yang > 8 km;
- c. Pada terowongan jalur ganda (double track), Penggunaan sirkulasi udara mekanis ditentukan oleh kepadatan operasional kereta dan kondisi alam. Untuk Lokomotif diesel jika panjang terowongan (km) x N (frequensi pair/day) ≤100 tidak diperlukan sistem sirkulasi udara mekanis;
- d. Sirkulasi udara mekanis untuk operasi kereta di terowongan merupakan masalah tersendiri yang harus dianalisis untuk setiap lokasi/titik-titik tertentu. Umumnya, sistem sirkulasi udara mekanis tidak akan dibutuhkan terowongan kurang dari 2500 kaki (762 meter). Untuk terowongan yang lebih panjang, persyaratan akan tergantung pada kondisi seperti jenis lokomotif, panjang kereta api, kecepatan, waktu antara kereta api, suhu sekitar, angin dan peraturan yang berlaku;
- e. Dalam kasus marjinal, pemanasan berlebih dari lokomotif dapat dikurangi dengan semprotan radiator dan/atau menempatkan tirai di ujung keberangkatan terowongan yang akan meningkatkan tekanan di dalam terowongan dan jumlah udara bergerak melalui radiator;
- f. Dalam terowongan yang sangat panjang, instalasi sirkulasi udara mekanis diharuskan untuk mencegahnya terlalu panas dan untuk menghilangkan asap dan gas dengan standard emisi CO < 30 mg/m3, dan NO2 <10 mg/m2;</p>
- g. Untuk terowongan Kereta yang tidak menggunakan lokomotif, maka sistem sirkulasi udara mekanis mengikuti standar kelembaban udara < 80%, Temperature < 28 derajat Celcius, Ozone < 0,3 mg/m³, kandungan debu < 10%, SiO2 < 10 mg/m³.</p>

4.8.2.Drainase

Drainase pada terowongan terdiri atas drainase tepi yang terletak pada tepi badan jalan rel dan drainase utama adalah pipa yang terletak pada pusat *invert* terowongan. Kemiringan drainase arah memanjang sama dengan

kemiringan terowongan yaitu ≥ 1 °/oo, dan untuk kondisi tertentu ≥ 3 °/oo.

Pengaliran saluran drainase ke arah luar terowongan harus dibuatkan saluran terbuka atau box culvert menuju saluran drainase yang ada diluar terowongan dengan baik dan aman.

Pada jalur drainase utama harus disediakan bak kontrol pada setiap 50 meter yang diperlukan untuk pemeriksaan dan perawatan saluran.

Untuk mengalirkan aliran air dari drainase tepi ke drainase utama dibuatkan saluran penghubung setiap 50 meter.

4.8.3.Penerangan (Lighting)

Penerangan lampu pada Terowongan diperlukan untuk operasional, perawatan terowongan, dan evakuasi dalam keadaan darurat. Persyaratan pemasangan lampu penerangan pada terowongan harus memenuhi:

a. Penerangan harus disediakan pada terowongan Lurus ≥ 1000 m, dan pada lengkungan ≥ 500 m;

 b. Lampu permanen (Fix lighting) digunakan sebagai indikator dan penerangan di dalam terowongan, dan dipasang pada ketinggian 4 m;

c. Lampu portabel yang bisa dipindah-pindah dipergunakan untuk operasional dan perawatan dengan menyediakan socket kelistrikan pada jalur evakuasi pada ketinggian 1,5 m;

d. Peralatan lampu penerangan harus tahan kelembaban, tahan getaran, dan untuk terowongan yang mengandung emisi gas, peralatan harus terlindung dari rembesan gas yang menyebabkan ledakan/ kebakaran.

4.8.4. Jalur Pemeriksaan, Penyelamatan dan Papan Petunjuk Evakuasi

a. Penyediaan ruang aman, yaitu jalur yang digunakan untuk aktifitas pemeriksaan dan perawatan. Jarak ruang aman dengan as track tidak boleh kurang dari 3 m (≥3 m), dimana untuk jalur tunggal, ruang aman berada pada jalur evakuasi, sedangkan pada jalur ganda harus terdapat pada ke dua sisi. Lebar Ruang aman tidak boleh kurang dari 0,8 m (≥0,8 m) dengan ketinggian minimum 2,2 m.

b. Area untuk evakuasi penumpang

Jalur evakuasi dan ruang pengamanan disediakan di terowongan, dimana harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Jalur evakuasi harus disediakan sepanjang terowongan. Untuk terowongan jalur tunggal, jalur penyelamatan harus disediakan di satu sisi, untuk terowongan jalur ganda harus di kedua sisi. Jarak antara jalur penyelamatan dan jalur tengah trek tidak boleh kurang dari 2,3 m (≥2,3 m);
- Lebar jalur evakuasi tidak boleh kurang dari 1,5 m (≥1,5 m), tidak termasuk perangkat dan peralatan

keselamatan. Tinggi jalur penyelamatan tidak boleh kurang dari 2,2 m (≥2,2 m);
3) Tinggi Permukaan jalur evakuasi tidak boleh lebih rendah dari pada alas rel, harus rata dan stabil.

DAFTAR TABEL

Tabel C-1 Peninggian Jalan Rel

Jari-jari						- 6	Kece			ana (i	-			ggian	(mm)					
(m)	350	345	340	330	325	320	300	290	280	270	260	250	240	230	220	200	190	180	175	170	160
1600									1 = 1									100			
1700																		-			175
1800									-											-	170
1900															1					175	160
2000																	175	175	175	170	150
2500									- 1							175	170	155	145	135	120
3000															175	155	140	125	120	115	100
3500													175	175	165	135	120	110	105	95	85
4000												175	170	155	145	120	105	95	90	85	75
4500		11 1								175	175	165	150	140	125	105	95	85	80	75	65
5000	7-1								175	170	160	150	135	125	115	95	85	75	70	70	60
5500								175	170	155	145	135	125	115	105	85	75	70	65	60	55
6000							175	165	155	145	135	125	115	105	95	80	70	65	60	55	50
6500							165	155	140	130	125	115	105	95	90	75	65	60	55	50	45
7000			175	175	175	175	150	140	130	125	115	105	95	90	80	65	60	55	50	50	45
8000	175	175	170	160	155	150	135	125	115	110	100	90	85	80	70	60	55	50	45	45	40
9000	160	155	150	145	140	135	120	110	105	95	90	80	75	70	65	50	45	40	40	40	35
10000	145	140	135	130	125	120	105	100	95	85	80	75	70	60	55	45	45	40	35	35	30
11000	130	130	125	115	115	110	95	90	85	80	75	65	60	55	50	45	40	35	35	30	25
12000	120	115	115	105	105	100	90	85	75	70	65	60	55	50	50	40	35	30	30	30	25
13000	110	110	105	100	95	95	80	75	70	65	60	55	50	50	45	35	35	30	30	25	25
14000	105	100	95	90	90	85	75	70	65	60	55	55	50	45	40	35	30	25	25	25	20
15000	95	95	90	85	85	80	70	65	60	55	55	50	45	40	40	30	30	25	25	25	20
16000	90	90	85	80	80	75	65	60	60	55	50	45	40	40	35	30	25	25	25	20	20

Catatan: dalam penentuan pertinggian aktual yang ada di lapangan dapat menggunakan metoda modelling denan mempertimbangkan kombinasi kecepatan, cant defisiensi, cant excess, dan kenyamanan kereta.

Tabel C-2 Klasifikasi Tanah

			Grade I d	designatio	n		Grouping				
	Categories Bould Graded crushed il soil			me	Descriptions	Content of line particle	Particle gradation	Name	for packing		
				Hard boulder soil	Mass of particle more than 200 mm exceeds 50% of total mass (not easy to be divided, mostly are sharp lozenge)	7	1	Hard block stone	A		
			Boulder					$R_c > 150$ MPa not easily weatherd soft block stone	A		
				Soft boulder soil	Mass of particle more than 200 mm exceeds 50% of total mass (easily weathered,	1	1	$R_c \le 150 \text{ MPa not}$ easily weatherd soft block stone	В		
				Son	mostly sharp lozenge)			Easily weathered soft block stone	С		
Huge	Graded	Boulder						Weathered soft block stone	D		
grained soil						< 5%	Fine	Fine gradation boulder	A		
						< 5%	Poor	Poor gradation boulder	В		
					Boulde	er soil	Mass of particle more than 200 mm exceeds 50% of total mass (round, mostly	Fine boulder contain		Fine gradation boulder containing soil	A
					sharp lozenge)	5%~15%	Poor	Poor gradation boulder containing soil	В		
						15%~30%	1	Soil boulder	В		
						> 30%	1	Soil boulder	С		
		Cobble	Cobbl	e soil	Mass of particle more than 60 mm exceeds 50% of total	<5%	Fine	Fine gradation cobble	A		
		COODIC	CODO	C 3011	mass (round, mostly sharp lozenge)	\370	Poor	Poor gradation cobble	В		

	Grade I designation			Grouping			
Categories	Name	Descriptions	Content of line particle	Particle Name		for packing	
			E0/ 1E0/	Fine	Fine gradation cobble containing soil	A	
			5%~15%	Poor	Poor gradation cobble containing soil	В	
			15%~30%	1	Soil cobble	В	
			> 30%	1	Soil cobble	С	

Tabel C-2 Klasifikasi Tanah (Lanjutan)

	Grade I designation										
Categories		Name		Descriptions	Content of fine particle	Particle gradations	Name	Grouping for packing			
Coarse Gradeo						< 5% Fine Poor	Fine	Fine gradation fine round gravel	Α		
				Fine	Mass of particle more		Poor gradation fine round gravel	В			
						round gravel	than 2mm exceeds 50% of total mass (mostly	F0/ 1F0/	Fine	Fine gradation fine round gravel containing soil	A
	Graded		Fine	soil	round or round sharp lozenge)	5%~15%	Poor	Poor gradation fine round gravel containing soil	В		
grained	crushed	Gravel	gravel	A Section 14 Hill Control of the Con		15%~30%	1	Soil fine round gravel	В		
soil	soil		stone			> 30%	/	Soil fine round gravel	С		
				Final	Mass of particle more	< 5 %	Fine	Fine gradation fine angular gravel	A		
		angular of total mass (m	than 2mm exceeds 50% of total mass (mostly	mm exceeds 50%	Poor	Poor gradation fine angular gravel	В				
				gravel soil	round or round sharp lozenge)	5%~15%	Fine	Fine gradation fine angular gravel containing soil	Α		

		Grade I designation					0
. 0	Categories	Name	Descriptions	Content of fine particle	Particle gradations	Name	Grouping for packing
					Poor	Poor gradation fine angular gravel containing soil	В
				15%~30%	1	Soil fine angular gravel	В
				> 30%	1	Soil fine angular gravel	C
				< 5%	Fine	Fine gradation gravel	A
			Mass of particle more than 2mm accounts for	< 5%	Poor	Poor gradation gravel	В
	Sand soil	Gravelly sand		F0/ 1F0/	Fine	Fine gradation gravel containing soil	A
		25%~50%		5%~15%	Poor	Poor gradation gravel containing soil	В
				> 15 %	1	Soil gradation gravel sand	В

Tabel C-2 Klasifikasi Tanah (Lanjutan)

	Grade I designation					Grade II designation			Grouping
Categories		Name		Descriptions	Content of particle	Particle gradation	Name	for packing	
					Mass of	< 5%	Fine	Fine gradation macadam	A
					particle	Poor	Poor	Poor gradation macadam	В
	12				more than	5%~15%	Fine	Fine gradation macadam containing soil	A
					60mm	370~1370	Poor	Poor gradation macadam containing soil	В
	Graded crushed soil	Cobble	Cobb	ble soil exceeds		15%~30%	1	Soil macadam	В
					50% of total mass (mostly sharp lozenge)	> 30%	1	Soil macadam	С
Coarse			Coarse	Coarse	Mass of	< 5%	Fine	Fine gradation coarse round gravel	A
grained		Gravel	round particle Poor gradation coars	Poor gradation coarse round gravel	В				
soil		pecies	gravel soil	gravelly soil	more than 20mm	5%~15%	Fine	Fine gradation coarse round gravel containing soil	A

Grade	I designation			Grade II designation			
Categories	Name	Descriptions	Content of particle	Particle gradation	Name	Grouping for packing	
		exceeds 50% of total		Poor	Poor gradation coarse round gravel containing soil	В	
		mass	15%~30%	1	Soil coarse round gravel	В	
		(mostly round or round sharp lozenge)	> 30%	1	Soil coarse round gravel	С	
		Mass of particle more than Coarse 20mm angular exceeds	< 5%	Fine	Fine gradation coarse angular gravel	A	
				Poor	Poor gradation coarse angular gravel	В	
	Coarse		5%~15%	Fine	Fine gradation coarse gravel containing soil	Α	
	angular gravelly			Poor	Poor gradation coarse gravel containing soil	В	
	soil	mass	15%~30%	1	Soil coarse angular gravel	В	
		(mostly sharp lozenge)	> 30%	1	Soil coarse angular gravel	С	

Tabel C-2 Klasifikasi Tanah (Lanjutan)

	Grade I o	designation			Casuaina		
Categories		Name Descriptions		Content of fine particle	Particle gradation	Name	Grouping for packing
Coarse grained soil		Sand soil Coarse sand	Mass of particle more than 0,5 mm exceeds 50% of total mass	< 5% 5%~15%	Fine	Fine gradation coarse sand	A
	Sand soil				Poor	Poor gradation coarse sand	В
					Fine	Fine gradation coarse and containing soil	A
				370~1370	Poor	Poor gradation coarse and containing soil	В
				> 15%	1	Soil coarse sand	В

	Grad	e I designation			Grade II des	signation	Consuming			
	Categories	Name	Descriptions	Content of fine particle	Particle gradation	Name	Grouping for packing			
				F0/	Fine	Fine gradation medium sand	Á			
			Mass of particle more	< 5%	Poor	Poor gradation medium sand	В			
		Medium sand	than 0,25mm exceeds 50% of	5%~15%	Fine	Fine gradation medium sand containing soil	A			
			total mass	total mass	5%~15%	Poor	Poor gradation medium sand containing soil	В		
1						> 15%	1	Soil medium	В	
		*	Mass of particle more	particle more	F0/	Fine	Fine gradation fine sand	В		
		Fine sand			than 0,075mm	•	•	•	< 5%	Poor
		Fine Sand	exceeds 85% of total mass	5%~15%	1	Fine and containing soil	С			
		Silty sand	Mass of particle more than 0,075mm exceeds 50% of total mass	1	/	Silty sand	С			

Keterangan:

- 1. The particle gradation is divided into fine ($C_u \ge 5$ and $C_c = 1 \sim 3$) and poor ($C_u < 5$ or $C_c \ne 1 \sim 3$), where uneven coefficient $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$, curve coefficient $C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}}$, are the particle diameter corresponding to 10%, 30%, 60% on curve of particle gradation respectively.
- 2. Single shaft saturation and compressive strength of hard block stone is $R_c > 30$ MPa, single shaft saturation and compressive strength of soft block stone is $R_c \le 30$ MPa.
- 3. Fine particle content refers to the pecentage of mass of fine particle (d ≤ 0,075 mm) accounting for total mass

Dapat juga menggunakan standar nasional atau internasional yang setara mengenai ini.

Tabel C-3 Klasifikasi Mutu Beton

T	Cian				Streng	th of co	oncrete			
Type of strength	Sign	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
Axial compressive strength	fc	13,5	17,0	20,0	23,5	27,0	30,0	33,5	37,0	40,0
Axial tensile strength	fct	1,70	2,00	2,20	2,50	2,70	2,90	3,10	3,30	3,50

Tabel C-4 Tipe Proteksi Untuk Timbunan Dan Kegunaannya

Item	Tipe proteksi			Ke	gunaan		
		Proteks i dari erosi	Proteksi dari runtuh permukaa n	Proteksi dari runtuh kaki lereng	Drainase dari mata air di lereng	Drainase dari permukaan air di permukaan lereng	Peningkata n tahanan geser
Proteksi	Tanaman	V					
permukaan	Concrete block	V					
lereng	Perkuatan batu (bronjong)	V					
Perkuatan	Pre-cast concrete lattice protection	1	V	V			V
permukaan	Pasangan Batu Kali(Gabion)	V	V	V			
Drainase	Saluran lereng					V	
	French darin				V	V	
	Drain blanket	1		V	V		
	Pipa drainase horizontal (pengeringan)		V		V		V

Tabel C-5 Tipe Proteksi Untuk Lereng Galian Tanah Lunak Dan Kegunaannya

Item	Tipe proteksi				Kegunaa	n		
		Proteksi dari erosi	Proteksi dari runtuh permukaan	Proteksi dari rembesan air hujan	Drainase dari permukaan air di permukaan lereng	Drainase dari mata air di lereng	Proteksi dari ailiran air hujan dalam lereng	Peningkatan tahanan geser
Proteksi	Tanaman	V						
permukaan lereng	Concrete pitching	V		V				
	Concrete block (mortar joint)	V	(V				
	Perkuatan batu Bronjong	V		V			7	
Perkuatan permukaan	Pre-cast concrete lattice protection		V					V
Tyrine Street, and I	Pasangan Batu Kali (Gabion)	V	V					V

Drainase	Saluran pada bahu lereng			V	
	Saluran pada kemiringan lereng	V			
	French drain	V	V		
	horizontal boring		V	1.	V

Tabel C-6 Tipe Proteksi Untuk Lereng Galian Tanah Keras Dan Kegunaannya

Item	Tipe proteksi				Kegunaan	7		
		Proteksi dari erosi	Proteksi dari runtuh permukaan	Proteksi dari rembesan air hujan	Drainase dari permukaan air di permukaan lereng	Drainase dari mata air di lereng	Proteksi dari ailiran air hujan dalam lereng	Peningkatan tahanan geser
Proteksi	Pitched Concrete	V	V	V				Maria Company
dari cuaca	Spraying mortar (shotcrete)	V	V	V				
Perkuatan lapisan batu	Cast in concrete lattice protection	V	V					V
Drainase	Saluran pada bahu lereng		/				V	
	Saluran pada kemiringan lereng				V	1 1		11-7
	horizontal boring				N	V		

Tabel C-7 Klasifikasi Kondisi Geologi Sekitar Batuan

	Kondisi geologi teknik utama untuk batuan s	sekitar		20.000.000.0000.0000.0000.0000.0000.0000.0000
Kelas	Karakteristik geologi teknik utama	Karakteristik struktur dan status keutuhan	Kondisi stabilitas setelah penggalian batuan di sekitarnya (jalur tunggal)	Kecepatan gelombang longitudinal elastis dari batuan sekitarnya v _p (km/detik)
I	Batuan yang sangat keras (kekuatan tekan uniaksial jenuh Rc > 60 MPa): agak dipengaruhi oleh adanya struktur geologi tanpa sambungan dan bidang lemah (antar lapisan), stratifikasi formasi batuan sangat tebal atau tebal tertata dengan paduan lapisan yang baik, dan massa batuannya utuh	Struktur besar dan utuh	Batuan di sekitarnya stabil dan tanpa keruntuhhan. Ledakan batu pecah bisa terjadi.	> 4,5

	Kondisi geologi teknik utama untuk batuan s	ekitar		William 200 200 200 200
Kelas	Karakteristik geologi teknik utama	Karakteristik struktur dan status keutuhan	Kondisi stabilitas setelah penggalian batuan di sekitarnya (jalur tunggal)	Kecepatan gelombang longitudinal elastis dari batuan sekitarnya v _p (km/detik)
п	Hard rock (Rc> 30 MPa): cukup dipengaruhi oleh struktur geologi dengan adanya sambungan, sedikit bidang lemah (antar lapisan), dan melalui sambungan yang sedikit terbuka; namun kemunculan dan kombinasinya tidak menyebabkan gelincir. Stratifikasi formasi batuan adalah medium dan tebal, dengan lapisan kombinasi moderat, dan lapisan jarang terpisahkan. Atau, stratifikasi formasi batuan berbentuk batuan keras bergabung dengan batuan agak lunak.	Struktur blok besar atau masif	Keruntuhan kecil atau sebagian dapat terjadi jika terpapar dalam jangka panjang. Dinding samping stabil. Keruntuhan dari pelat atas dapat terjadi pada formasi batuan yang lembut dengan koneksi antar lapisan yang buruk	3 ,5 ~ 4,5
ın	Batuan keras (Rc> 30 MPa): sangat dipengaruhi oleh struktur geologi dengan adanya sambungan dan bidang lemah berlapis, namun keberadaan dan kombinasinya tidak menyebabkan gelincir. Formasi batuan bertingkat tertata tipis atau tertata agak tebal dengan paduan antar lapisan yang buruk. Lapisan cenderung terpisah satu sama lain. Batuan keras dan lunak berselang-seling.	Blok (batu) batu pecah struktur mosaik	Keruntuhan kecil bisa terjadi jika tidak ada lengkungan pendukung (arch support). Dinding samping pada dasarnya stabil, tapi bisa runtuh	2,5 ~ 4,0
	Batuan agak lunak (Rc = 15~30 MPa): cukup dipengaruhi oleh struktur geologi dengan sambungan. Stratifikasi formasi batuan tertata tipis, tertata cukup tebal, dan tebal dengan lapisan kombinasi moderat.	Struktur blok besar	jika getaran peledakan terlalu kuat	
IV	Batuan keras (Rc > 30 MPa): sangat dipengaruhi oleh struktur geologi dengan sambungan. Lapisan lemah berlapis yang sudah rusak	Struktur debris hancur	Keruntuhan kecil bisa terjadi jika tidak ada lengkungan pendukung (arch support).	1,5 ~ 3,0

	Kondisi geologi teknik utama untuk batuan s	sekitar		Wassestan walandan
Kelas	Karakteristik geologi teknik utama	Karakteristik struktur dan status keutuhan	Kondisi stabilitas setelah penggalian batuan di sekitarnya (jalur tunggal)	Kecepatan gelombang longitudinal elastis dari batuan sekitarnya v _p (km/detik)
	Batu lunak (Rc = 5 ~ 30 MPa): sangat dipengaruhi oleh struktur geologi dengan sambungan.	Blok (batu) batu pecah struktur mosaik	Terkadang dinding samping bisa menjadi tidak stabil	
	Massa tanah: 1. Tanah kohesif, lanau dan tanah berpasir dengan fungsi pemadatan atau diagenesis 2.Loess (Q1, Q2) 3. Tanah batu pecah, tanah berbatuan bulat dan batu blok besar yang cukup berkapur-atau ferruginous-cemented	Struktur pemadatan blok besar di poin 1 dan 2, struktur utuh blok masif di poin 3		
	Massa batuan: batuan lunak, dengan massa batuan rusak atau benar-benar rusak. Semua batuan yang sangat lunak dan batuan yang sangat rusak (termasuk zona rekahan yang sangat dipengaruhi oleh struktur geologi)	Kerikil bersudut dan struktur longgar batuan pecah	Batuan di sekelilingnya mudah runtuh. Perawatan yang tidak tepat akan menyebabkan keruntuhan yang luas,	
V	Massa tanah: Kuartener keras dan tanah kohesif plastis keras, agak padat atau lebih padat, agak lembab atau tanah batuan rusak lembab, tanah berbatuan bulat, tanah berkerikil bulat, tanah berkerikil sudut, lanau dan loess (Q3, Q4)	Struktur longgar untuk tanah yang tidak kohesif, dan struktur lunak untuk tanah kohesif dan loess	dan dinding sampingnya sering runtuh kecil. Penurunan permukaan tanah bisa terjadi, atau bahkan runtuh sampai ke permukaan tanah pada terowongan dangkal	1,0 ~ 2,0

	Kondisi geologi teknik utama untuk batuan	sekitar		V5 Jan 27 12 5
Kelas	Karakteristik geologi teknik utama	Karakteristik struktur dan status keutuhan	Kondisi stabilitas setelah penggalian batuan di sekitarnya (jalur tunggal)	Kecepatan gelombang longitudinal elastis dari batuan sekitarnya v _p (km/detik)
VI	Massa batuan: zona sesar dengan bentuk batu hancur, breksi serta bubuk dan tanah, yang sangat dipengaruhi oleh struktur geologi.	Struktur lunak yang merayap untuk tanah kohesif, struktur longgar	Batu di sekitarnya sangat rentan untuk runtuh dan deformasi; jika ada air di sekitar batu, tanah dan pasir akan menyembur keluar bersama air. Keruntuhan batuan	< 1,0 (tanah kondisi saturasi) < 1,5)
	Massa tanah: Tanah kohesif lunak plastis, lanau jenuh, tanah berpasir, dan sebagainya	lembab untuk tanah berpasir	mungkin sampai ke permukaan tanah pada terowongan dangkal.	

2. PERSYARATAN TEKNIS BANGUNAN STASIUN KERETA API KECEPATAN TINGGI

I. UMUM

A. Maksud dan Tujuan

1. Maksud

Peraturan ini dimaksudkan sebagai pedoman teknis bagi penyelenggara prasarana perkeretaapian dalam membangun bangunan stasiun kereta api yang menjamin keselamatan dan keamanan operasional kereta dengan muatan orang.

2. Tujuan

Peraturan ini bertujuan agar stasiun kereta api yang dibangun dan digunakan berfungsi sesuai peruntukannya dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi, mudah dirawat dan dioperasikan.

B. Ruang Lingkup

1. Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta api kecepatan tinggi

Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta api kecepatan tinggi dalam peraturan ini mengatur standar teknis Bangunan Stasiun kereta api kecepatan tinggi.

Persyaratan teknis Bangunan Stasiun kereta api kecepatan tinggi meliputi:

- a. Gedung Stasiun Kereta Api
 - 1. Gedung Untuk Kegiatan Pokok
 - 2. Gedung untuk Kegiatan Penunjang
 - 3. Gedung untuk Kegiatan Jasa Pelayanan Khusus.

b. Instalasi Pendukung

- 1. Instalasi Listrik
- 2. Instalasi Air
- 3. Pemadam Kebakaran
- c. Peron

Persyaratan Penempatan

Pembangunan stasiun kereta api kecepatan tinggi lokasinya sesuai dengan potensi bangkitan, pengembangan wilayah, pola operasi perjalanan kereta api, menunjang operasional sistem perkeretaapian, tidak mengganggu lingkungan, memiliki tingkat keselamatan, dan keamanan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Persyaratan Teknis

Menjamin konstruksi, material, desain, ukuran dan kapasitas bangunan sesuai dengan standar kelayakan, keselamatan dan keamanan serta kelancaran sehingga seluruh bangunan stasiun dapat berfungsi secara handal dalam kurun waktu sesuai umur teknis bangunan.

C. GEDUNG STASIUN KERETA API KECEPATAN TINGGI.

1. Fungsi

Gedung stasiun kereta api kecepatan tinggi merupakan bagian dari stasiun kereta api kecepatan tinggi yang digunakan untuk melayani pengaturan perjalanan kereta api kecepatan tinggi dan pengguna jasa kereta api kecepatan tinggi.

2. Jenis

- a. Gedung untuk kegiatan pokok terdiri atas:
 - 1. lobi stasiun;
 - 2. perkantoran kegiatan stasiun;
 - 3. loket karcis;
 - 4. ruang tunggu penumpang;
 - 5. ruang informasi;

- 6. ruang fasilitas umum;
- 7. ruang fasilitas keselamatan;
- 8. ruang fasilitas keamanan;
- 9. ruang fasilitas penumpang berkebutuhan khusus; dan
- 10. ruang fasilitas Kesehatan.
- b. Gedung untuk kegiatan penunjang stasiun kereta api kecepatan tinggi terdiri atas:
 - 1. pertokoan;
 - 2. restoran;
 - 3. perkantoran;
 - 4. perparkiran;
 - 5. perhotelan;
 - 6. fasilitas angkutan lanjutan/integrasi transportasi lain; dan
 - ruang lain yang menunjang langsung kegiatan stasiun kereta api kecepatan tinggi.
- c. Gedung untuk kegiatan jasa pelayanan khusus di stasiun kereta api kecepatan tinggi terdiri atas:
 - 1. ruang tunggu penumpang;
 - 2. bongkar muat barang;
 - 3. pergudangan;
 - 4. parkir kendaraan;
 - 5. penitipan barang;
 - б. ruang atm; dan
 - 7. ruang lain yang menunjang baik secara langsung maupun tidak langsung kegiatan stasiun kereta api kecepatan tinggi.

3. Persyaratan Penempatan

3.1 Gedung Kegiatan Pokok

- a. Lokasi sesuai dengan pola operasi perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. Menunjang operasional sistem perkeretaapian.
- c. Tata letak ruang sesuai dengan alur proses kedatangan dan keberangkatan penumpang kereta api kecepatan tinggi.
- d. Tidak mengganggu Iingkungan.
- e. Terjamin keselamatan dan keamanan operasi kereta api kecepatan tinggi.

3.2 Gedung Kegiatan Penunjang Stasiun dan Gedung Jasa Pelayanan Khusus di Stasiun Kereta Api Kecepatan Tinggi.

- a. Lokasi sesuai dengan pola operasi stasiun kereta api kecepatan tinggi.
- b. Tata letak ruang tidak menggangu alur proses kedatangan dan keberangkatan penumpang kereta api dan pengaturan perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- c. Menunjang kegiatan stasiun kereta api kecepatan tinggi dalam rangka pelayanan pengguna jasa stasiun.
- d. Terjamin keselamatan dan keamanan operasi kereta api kecepatan tinggi.

4. Persyaratan Teknis

4.1 Persyaratan Bangunan

- a. Konstruksi, material, disain, ukuran dan kapasitas bangunan sesuai dengan standar kelayakan, keselamanan dan keamanan serta kelancaran sehingga seluruh bangunan stasiun dapat berfungsi secara handal.
- Memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan gedung dari bahaya banjir, bahaya petir, bahaya kelistrikan dan bahaya kekuatan konstruksi.

- c. Instalasi pendukung gedung sesuai dengan peraturan perundang undangan tentang bangunan, mekanikal elektrik, dan pemipaan gedung (plumbing) bangunan yang berlaku.
- d. Luas bangunan ditetapkan untuk:

1. Gedung kegiatan pokok.

- 2. Gedung kegiatan penunjang dan gedung jasa pelayanan khusus di stasiun kereta api, ditetapkan berdasarkan kebutuhan.
- d. Menjamin bangunan stasiun dapat berfungsi secara optimal dari segi tata letak ruang gedung stasiun, sehingga pengoperasian sarana perkeretaapian dapat dilakukan secara nyaman.
- e. Komponen gedung meliputi:

1. gedung atau ruangan;

- media informasi (Passenger Information Display System dan Public Address System);
- 3. fasilitas umum, terdiri dari:
 - a) ruang ibadah;
 - b) toilet;
 - c) tempat sampah; dan
 - d) ruang ibu menyusui.
- 4. fasilitas keselamatan;
- 5. fasilitas keamanan;
- 6. fasilitas untuk penumpang berkebutuhan khusus;
- 7. fasilitas kesehatan.

4.2 Persyaratan Operasi

4.2.1 Gedung Kegiatan Pokok

- a. Pengoperasian gedung stasiun harus sesuai dengan alur proses kedatangan dan keberangkatan penumpang kereta api kecepatan tinggi serta tidak mengganggu pengaturan perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. Menjamin bangunan stasiun dapat berfungsi secara optimal dari segi tata letak ruang gedung stasiun, sehingga pengoperasian sarana perkeretaapian dapat dilakukan secara nyaman.
- c. Pengoperasian gedung stasiun sesuai dengan jam operasional kereta api kecepatan tinggi dan ketersediaan sumber daya manusia.

4.2.2 Gedung Kegiatan Penunjang Stasiun Kereta api kecepatan tinggi dan Gedung Jasa Pelayanan Khusus Di Stasiun Kereta api kecepatan tinggi

- a. Tidak mengganggu pergerakan kereta api kecepatan tinggi.
- b. Tidak mengganggu pergerakan penumpang dan/atau barang.
- c. Menjaga ketertiban dan keamanan.
- d. Menjaga kebersihan lingkungan.
- e. Tidak mengganggu bangunan dan lingkungan sekitar stasiun serta disesuaikan dengan daya tampung dan kebutuhan.

D. PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI PENDUKUNG.

1. Instalasi Listrik

1.1 Fungsi

Instalasi listrik merupakan peralatan, komponen dan instalasi listrik yang berfungsi untuk mensuplai dan mendistribusi tenaga Iistrik dalam memenuhi kebutuhan operasional stasiun dan kereta api kecepatan tinggi.

1.2 Jenis

- a. Jaringan penyediaan listrik umum.
- b. Sumber tenaga listrik sendiri.

1.3 Persyaratan Penempatan.

Ditempatkan di area di luar dan/atau di dalam gedung stasiun yang memenuhi standar persyaratan umum instalasi listrik.

1.4 Persyaratan Teknis

1.4.1 Persyaratan Komponen dan Peralatan

- a. Komponen Listrik terdiri atas:
 - 1. Catu daya utama;
 - 2. Catu daya cadangan;
 - 3. Panel listrik; dan
 - 4. Peralatan listrik lainnya.
- b. Standar komponen dan peralatan listrik sesuai standar persyaratan umum instalasi listrik.

1.4.2 Persyaratan Operasi

- a. Peralatan dan komponen listrik yang dioperasikan harus aman dan tidak membahayakan operasi stasiun, kereta api dan pengguna jasa.
- b. Suplai listrik harus mampu mencukupi kebutuhan operasi bangunan stasiun dan operasi kereta api kecepatan tinggi.

2. Instalasi Air

2.1 Fungsi

Instalasi air merupakan peralatan, komponen dan instalasi air yang berfungsi untuk mensuplai dan mendistribusi air dalam memenuhi kebutuhan operasional stasiun dan kereta api kecepatan tinggi.

2.2 Jenis

- a, Instalasi air bersih.
 - 1. Jaringan penyediaan air umum; dan
 - 2. Olahan.
- b. Instalasi air kotor atau limbah.

2.3 Persyaratan Penempatan.

Ditempatkan di area yang strategis dan terjangkau dan memenuhi persyaratan instalasi air dengan memperhatikan letak tata ruang gedung yang tidak mengganggu pergerakan penumpang dan operasional kereta api kecepatan tinggi.

2.4 Persyaratan Teknis

2.4.1 Persyaratan Pemasangan

- a. Instalasi air bersih
 - Sistem air bersih dipasang dengan mempertimbangkan sumber air bersih, kualitas air bersih, sistem distribusi dan penampungannya.
 - Standar komponen dan peralatan air bersih sesuai ketentuan di bidang gedung dan bangunan.
 - b. Instalasi air kotor
 - Sistem pembuangan air limbah dan/atau air kotor dipasang dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat bahaya.
 - 2. Standar komponen dan peralatan instalasi air kotor sesuai ketentuan di bidang lingkungan hidup.

2.4.2Persyaratan Operasi

- a. Instalasi air bersih:
 - 1. Ketersediaan air bersih harus mampu memenuhi kebutuhan operasi stasiun dan kereta api.
 - 2. Sistem distribusi air bersih dalam bangunan Stasiun Kereta api kecepatan tinggi harus memenuhi debit air dan tekanan minimal sesuai dengan kebutuhan.

b. Instalasi air kotor:

 Pertimbangan jenis air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk pemilihan sistem pengaliran/pembuangan dan penggunaan peralatan yang dibutuhkan.

 Pertimbangan tingkat bahaya air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk sistem pengolahan dan

pembuangannya.

3. Air limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya tidak boleh digabung dengan air limbah domestik.

4. Air limbah yang berisi bahan beracun dan berbahaya (B3) harus

diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

- Air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran terbuka harus diproses sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- c. Komponen instalasi air:
 - 1. Pipa air;
 - 2. Peralatan instalasi;
 - 3. Penampungan air; dan
 - 4. Fasilitas dan peralatan instalasi air lainnya.

3. Pemadam Kebakaran

3.1 Fungsi

Sebagai fasilitas pemadam kebakaran jika terjadi gejala atau kebakaran di gedung stasiun kereta api kecepatan tinggi.

3.2 Jenis.

- a. Hydran dengan selang dan/atau tabung.
- b. Sprinkle.

3.3 Persyaratan Penempatan.

Ditempatkan di area yang strategis dan terjangkau jika terjadi kebakaran dengan memperhatikan letak tata ruang gedung yang tidak mengganggu pergerakan penumpang dan operasional kereta api kecepatan tinggi.

3.4 Persyaratan Teknis.

- a. Komponen instalasi kebakaran meliputi:
 - 1. tabung pemadam kebakaran;
 - 2. selang tabung; dan
 - 3. fasilitas dan peralatan pemadam kebakaran lainnya.
- b. Persyaratan pemasangan, penempatan dan operasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku di bidang pemadam kebakaran.

E. PERSYARATAN TEKNIS PERON

1. Fungsi

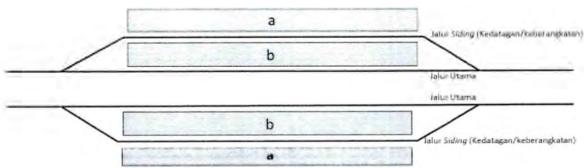
Sebagai tempat yang digunakan untuk aktifitas naik turun penumpang kereta api kecepatan tinggi.

2. Jenis peron

Jenis peron adalah peron tinggi.

3. Persyaratan Penempatan

- a. Di tepi jalur (side platform).
- b. Di antara dua jalur (island platform)



Gambar 1. Peron Tepi (a) dan Peron Pulau (b)

4. Persyaratan Teknis

4.1 Persyaratan Pembangunan

- a. Tinggi peron untuk kereta api kecepatan tinggi 1250 mm dari kepala rel.
- b. Jarak tepi peron ke as jalan rel
 - Jarak tepi peron ke as jalan rel untuk peron yang berada di sisi jalur utama dengan kecepatan lebih dari 80 km/jam adalah 1800 mm.
 - Jarak tepi peron ke as jalan rel untuk peron yang tidak berada di sisi jalur utama dengan keceepatan tidak lebih dari 80 km/jam adalah 1750 mm.
 - 3. Jarak tepi peron ke as jalan rel untuk peron yang berada di sisi jalur siding (kedatangan/keberangkatan) adalah 1750 mm.
- Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api kecepatan tinggi penumpang yang beroperasi.
- d. Lebar peron minimum kereta api kecepatan tinggi adalah sebagai berikut:

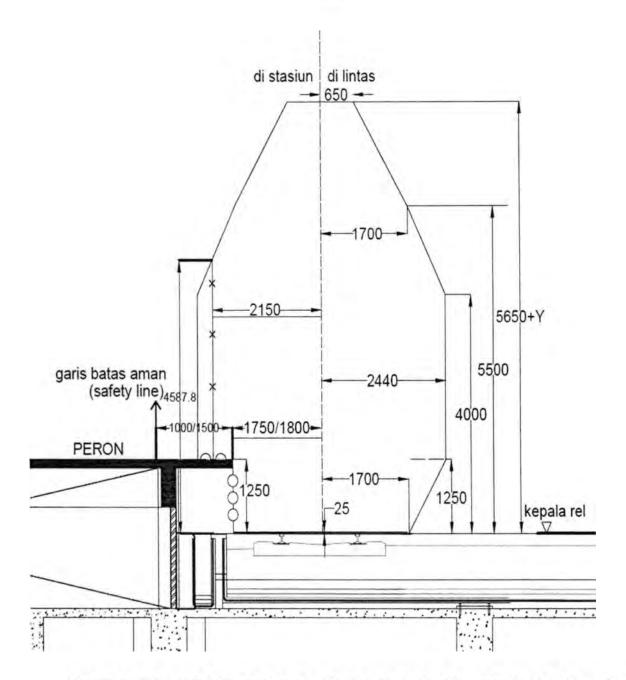
Tabel. 1 Lebar Peron

Keterangan	Lebar (m)
Peron tepi	7 - 9
Peron pulau	10 - 12

- e. Lantai peron tidak menggunakan material yang licin.
- f. Peron sekurang-kurangnya dilengkapi dengan:
 - 1. lampu;
 - 2. papan petunjuk jalur;
 - 3. papan petunjuk arah; dan
 - 4. batas aman peron.

4.2 Persyaratan Operasi

- Hanya digunakan sebagai tempat naik turun penumpang dari kereta api kecepatan tinggi.
- b. Dilengkapi dengan garis batas aman peron:
 - Peron jalur utama yang dilewati kereta dengan kecepatan 80 km/jam ke atas, minimal 1500 mm dari sisi tepi luar ke as peron;
 - Peron jalur utama yang dilewati kereta dengan kecepatan tidak lebih dari 80 km/jam, minimal 1000 mm dari sisi tepi luar ke as peron.
 - 3. Peron jalur siding (kedatangan/keberangkatan), minimal 1000 mm dari sisi tepi luar ke as peron.



Gambar 2. Profil Ruang Bebas di Stasiun dan Posisi Garis Batas Aman Peron (Safety Line)

3. PERSYARATAN TEKNIS PERALATAN PERSINYALAN KERETA API KECEPATAN TINGGI

1. PERALATAN PERSINYALAN KERETA API KECEPATAN TINGGI

Peralatan persinyalan mencakup penerapan pada kereta api kecepatan tinggi yang sudah ada dan yang akan dibangun di Indonesia disesuaikan dengan sistem pengoperasian sarana perkeretaapian dan rencana operasi kereta api kecepatan tinggi, mengingat perbedaan teknologi dan sistem yang digunakan keduanya. Didasarkan teknologi yang digunakan pada kereta api kecepatan tinggi modern umumnya tidak lagi memerlukan adanya peraga aspek sinyal yang ditempatkan di sepanjang jalur.

Desain system persinyalan kereta api kecepatan tinggi harus

memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut:

a. harus memenuhi persyaratan untuk kereta api yang berjalan sesuai batas kecepatan (yang diizinkan), dan persyaratan untuk

pengoperasian kereta api stabling.

- b. harus memenuhi persyaratan untuk jalur ganda (double track) dan jalur dua arah (bidirectional running). Sistem blok otomatis harus dapat digunakan untuk berjalan arah normal, dan sistem blok otomatis antar stasiun harus dapat digunakan untuk berjalan arah sebaliknya.
- c. harus memenuhi persyaratan headway yang ditentukan.
- d. harus dapat mencakup keselamatan, keandalan, kelaikan, ekonomis, dan teknologi serta peralatan yang sesuai.
- e. harus menjamin keselamatan operasi kereta dengan memenuhi prinsip fail-safe.

f. paling sedikit mencakup:

- 1) Centralized Traffic Control (CTC),
- 2) kontrol operasi kereta,
- 3) Computer-Based Interlocking (CBI),
- 4) Data Logger,
- 5) Jaringan, dan
- 6) catu daya.
- g. Peralatan persinyalan harus tersinkronisasi dengan jam induk.

1.1. Sinyal

Dalam penentuan peralatan persinyalan maka di bawah ini diberikan pembagian sistem pengoperasian sarana perkeretaapian yang terdiri atas:

- 1.1.1. Manual dengan masinis dilengkapi dengan perangkat pembantu. Pengoperasian sarana perkeretaapian dilakukan oleh masinis dan diawasi oleh pusat pengendali perjalanan kereta api kecepatan tinggi yang dilengkapi dengan Sistem Keselamatan Kereta Api Otomatis (SKKO). Peralatan sinyal untuk sistem ini terdiri atas:
 - a. peralatan pada prasarana
 - 1) peralatan dalam ruangan, terdiri atas:
 - a) interlocking elektrik;
 - b) Visual Display Unit (VDU);
 - c) data logger;
 - d) catu daya;
 - e) Proteksi;
 - f) Pengendalian/pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi terpusat.
 - 2) peralatan luar ruangan, terdiri atas:
 - a) peraga sinyal elektrik;
 - b) penggerak wesel elektrik;

- c) pendeteksi sarana perkeretaapian;
- d) balise dan/atau transponder;
- e) proteksi;
- f) SKKO;
- b. peralatan pada sarana, terdiri atas:
 - 1) Antena
 - 2) Display/monitor/DMI (Driver Machine Interface)
 - 3) SKKO(Sistem Keselamatan Kereta Otomatis)
 - 4) Komputer On-Board
 - 5) Pembaca Pendeteksi Sarana
 - 6) Balise Transponder Module
 - 7) Data Logger
- 1.1.2. Sistem otomatis dengan masinis

Pengoperasian sarana perkeretaapian secara otomatis oleh sistem dan dalam kondisi darurat masinis dapat menghentikan/menjalankan sarana perkeretaapian. Peralatan sinyal untuk sistem ini terdiri atas:

- a. peralatan pada prasarana.
 - 1) peralatan dalam ruangan terdiri atas:
 - a) interlocking elektrik;
 - b) Visual Display Unit (VDU);
 - c) pengendali sarana;
 - d) data logger,
 - e) catu daya;
 - f) proteksi. dan
 - g) Pengendalian/pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi terpusat.
 - 2) peralatan luar ruangan, terdiri atas:
 - a) penggerak wesel elektrik;
 - b) peraga sinyal elektrik;
 - c) penggerak wesel elektrik;
 - d) pendeteksi sarana perkeretaapian;
 - e) balise dan/atau transponder;
 - f) proteksi;
 - g) SKKO;
- b. peralatan pada sarana, terdiri atas:
 - 1) Antena;
 - 2) Display/monitor/DMI (Driver Machine Interface);
 - 3) SKKO (Sistem Keselamatan Kereta Otomatis);
 - 4) Komputer On-Board;
 - 5) Pembaca Pendeteksi Sarana;
 - 6) Balise dan/atau Transponder Module; dan
 - 7) Data Logger.
- 1.1.3. Otomatis Tanpa Masinis atau Awak Sarana

Pengoperasian sarana perkeretaapian secara otomatis dikendalikan oleh sistem tanpa masinis atau awak sarana. Peralatan sinyal untuk sistem ini terdiri atas:

- a. peralatan pada prasarana terdiri atas:
 - 1) peralatan dalam ruangan, terdiri atas:
 - a) interlocking elektrik;
 - b) Visual Display Unit (VDU);
 - c) pengendali sarana;
 - d) data logger;
 - e) catu daya;

- f) Proteksi;dan
- g) Pengendalian/pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi terpusat.
- 2) peralatan luar ruangan, terdiri atas:
 - a) penggerak wesel elektrik;
 - b) balise/ transponder jalur;
 - c) radio block system;
 - d) proteksi; dan
 - e) SKKO;
- b. peralatan pada sarana terdiri atas:
 - 1) antena;
 - 2) balise dan/atau transponder sarana;
 - 3) display/tampilan monitor;
 - 4) komputer onboard;
 - 5) SKKO;
 - 6) pembaca pendeteksi sarana;
 - 7) data Logger.

1.2. Tanda

Tanda diperlukan pada semua pengoperasian kereta api kecepatan tinggi yang terdiri atas:

- a. suara;
- b. cahaya;
- c. bendera; dan/ atau
- d. papan berwarna.

Tanda berdasarkan fungsi terdiri dari:

- 1) tanda sementara; dan
- 2) tanda tetap.

Tanda yang ditempatkan di sarana perkeretaapian terdiri atas:

- 1) tanda terlihat; dan
- 2) tanda suara.

1.3. Marka

marka diperlukan pada semua pengoperasian kereta api kecepatan tinggi dapat berupa:

- a. marka batas;
- b. marka sinyal (peraga);
- c. marka kelandaian;
- d. marka lengkung;
- e. marka kilometer; dan
- f. marka identitas penggerak wesel.

1.4. Persyaratan Penempatan

Peralatan sinyal ditempatkan pada lokasi yang sesuai peruntukannya, aman, tidak mengganggu fasilitas lain, dan tidak membahayakan keamanan dan keselamatan.

1.5. Persyaratan Pemasangan

Menjamin peralatan sinyal yang dipasang dapat berfungsi secara optimal dan bebas dari segala rintangan dan benda penghalang dalam pengoperasiannya.

1.6. Persyaratan Teknis

Menjamin komponen, material, ukuran dan kapasitas peralatan sinyal sesuai dengan standar kelayakan dan keselamatan operasi sehingga seluruh sistem peralatan dapat berfungsi secara handal dalam kurun waktu sesuai umur teknis.

2. PERSYARATAN TEKNIS SINYAL

- 2.1. Peralatan Pada Prasarana Perkeretaapian
- 2.1.1 Peralatan dalam Ruangan
- 2.1.1.1 Interlocking Elektrik
 - a. Fungsi

Interlocking elektrik berfungsi membentuk, mengunci dan mengontrol semua peralatan persinyalan elektrik untuk mengamankan perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

b. Jenis

Interlocking elektrik yang dimaksud adalah interlocking elektronik yang berbasis kontroler atau prosesor atau komputer

c. Persyaratan Penempatan

- interlocking elektrik terletak di ruang peralatan pada ruangan khusus; dan
- 2) ruang peralatan terletak berdekatan dengan stasiun atau sesuai kebutuhan.
- d. Persyaratan Pemasangan
 - untuk interlocking elektronik di dalam kubikel yang terpisah antara rak peralatan dengan rak terminal;
 - 2) bagian depan dan belakang kubikel/rak yang dapat dibuka, disediakan ruang dengan jarak minimal 80 cm untuk memudahkan perawatan, di lengkapi dengan sistem proteksi atau sesuai dengan desain.
- e. Persyaratan Teknis
 - 1) Persyaratan Operasi
 - a) semua perangkat persinyalan elektrik dalam ruangan harus dapat bekerja dengan baik pada kondisi cuaca, temperatur dan kelembaban;
 - b) interlocking harus bisa melayani proses minimal sebagai berikut:
 - (1) pembentukan rute;
 - (2) pengoperasian wesel;
 - (3) pengoperasian sinyal;
 - (4) pendeteksian sarana;
 - (5) sistem blok; dan
 - (6) pengoperasian secara setempat atau terpusat untuk interlockingelektrik.
 - c) menjamin aman hasil proses interlocking pembentukan rute;
 - d) sistem harus memungkinkan untuk melakukan proses pada keadaantidak biasa minimal sebagai berikut:
 - proses pengoperasian wesel secara manual;
 - (2) proses pengoperasian sinyal darurat; dan
 - (3) proses penyesuaian kembali kedudukan wesel yang terlanggar dan/atau untuk yang tidak dapat dilanggar
 - e) dilengkapi dengan fasilitas input minimal:
 - (1) kondisi ada tidaknya sarana pada jalan kereta api;
 - (2) kedudukan lidah wesel lurus atau belok;
 - (3) kondisi normal atau tidaknya aspek sinyal yang ditampilkan;
 - (4) tombol-tombol pada Visual Display Unit (VDU);
 - (5) informasi blök dari stasiun sebelah;

- f) dilengkapi dengan fasilitas output minimal:
 - (1) pengoperasian penggerak wesel elektrik;
 - (2) pengoperasian peraga sinyal elektrik;
 - (3) pembebas kunci listrik/electric lock untuk wesel terlayan setempat
 - (4) indikator-indikator di Visual Display Unit (VDU):
 - (5) informasi blok ke stasiun sebelah; dan (6) data logger.
 - g) menggunakan teknologi yang sudah teruji aman atau sudah tersertifikasi;
- h) dapat dilengkapi dengan relay interface yang menghubungkan peralatan dalam dan luar ruangan; dan
- i) interlocking elektronik harus dilengkapi peralatan untuk mendiagnosasistem interlocking minimal harus dapat menampilkan:
 - (1) Status data interlocking;
 - (2) komunikasi data dengan sistem interlocking; dan
 - (3) data logger.
- 2) Persyaratan Material
 - a) temperatur pada rentang 0°C s/d 70°C;
 - b) relative humidity maksimal 90%;
 - c) interlocking memiliki konfigurasi yang fail safe;
 - d) semua modul komponen dilengkapi dengan indikator status;
 - e) semua rangkaian vital I/O diisolasi terhadap interferensi elektromagnetik; atau
 - n sesuai desain dan standar yang berlaku.

2.1.1.2 Visual Display Unit (VDU)

2.1.1.2.1. Fungsi

- a. untuk melayani dan mengendalikan seluruh bagian peralatan sinyal yang berada di luar ruangan sesuai dengan tabel rute;
- b. untuk mengatur dan mengamankan perjalanan kereta api; dan
- untuk memberikan indikasi Status peralatan sinyal dan perangkat lainnya yang terkait.

2.1.1.2.2. Jenis

Workstation / Visual Display Unit (VDU).

2.1.1.2.3. Persyaratan Penempatan

Workstation / Visual Display Unit (VDU) terletak di dalam ruang pengatur atau pengendali perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

- 2.1.1.2.4. Persyaratan Pemasangan
 - a. Workstation/Visual Display Unit (VDU) menyesuaikan aspek kenyamanan pelayanan;
 - b. harus dipenuhi sirkulasi udara dalam ruangan untuk pembuangan panas yang timbul dari Workstation / Visual Display Unit (VDU);
 - c. dipasang sedemikian rupa sehingga arah kedatangan/keberangkatan kereta api pada Workstation / Visual Display Unit (VDU) dan emplasemen harus sesuai;
 - d. Visual Display Unit dipasang dengan struktur yang kokoh; dan
 - e. dihubungkan dengan sistem pentanahan pada peralatan interlocking.

2.1.1.2.5. Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

 harus menggambarkan tata letak jalur, kedudukan dan keadaan peralatan sinyal yang terpasang di emplasemen;

 pengoperasian pada Visual Display Unit (VDU) dilakukan dengan mengklik dua icon secara

berurutan;

3. untuk Visual Display Unit (VDU) mengklik icon dengan selang waktu tidak lebih dari 3 detik;

4. harus dilengkapi dengan alarm indikasi kegagalan/gangguan fungsi peralatan;

- dapat dilengkapi dengan penghitung/counter untuk mencatat penggunaan tombol-tombol darurat:
- 6. dilengkapi indikator gangguan minimal:
 - a) indikator gangguan wesel, sinyal, pendeteksi sarana, sistem; dan

b) indikator catu daya.

 dilengkapi dengan tombol penghenti bunyi/indikasi alarmgangguan / buzzer;

8. mampu melayani rute sesuai tabel rute yang

ditetapkan;

 mampu mengindikasikan track kosong, track isi atau track gangguan sesuai keadaan di emplasemen dan di petak jalan; dan

peralatan harus dilindungi dengan sistem proteksi.

b. Persyaratan Material

- ukuran dan bentuk layar pada Workstation / Visual Display Unit (VDU) minimal 19 inch;
- layar monitor menggunakan LED/LCD;dan
- 3. Workstation/Visual Display Unit (VDU)/panel pelayanan harus berstandar industrial.

2.1.1.3 Peralatan Blok

a. Fungsi

peralatan blok harus dapat menjamin keamanan perjalanan kereta api kecepatan tinggi di petak blok dengan cara, hanya mengizinkan satu kereta api boleh berjalan di dalam petak blok sesuai dengan arah perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

b. Jenis

- i. Fixed block yaitu suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petak jalan menjadi beberapa bagian blok yang panjang dan lokasinya tertentu di mana hanya satu kereta dalam satu blok. Fixed Block terdiri atas:
 - a) sistem blok tertutup yaitu suatu pengoperasian kereta api kecepatan tinggi yang menganut prinsip, bahwa untuk memasukan kereta api ke dalam blok tersebut harus meminta izin terlebih dahulu dari stasiun tujuan-atau tergantung kondisi petak blok di depannya, karena kedudukan normal aspek sinyal asal berindikasi "berhenti"; dan sistem ini berlaku untuk kondisi mode operasi berjalan jalur kiri
 - b) sistem blok terbuka yaitu suatu pengoperasian kereta api yang menganut prinsip, bahwa untuk memasukan kereta api kecepatan tinggi ke dalam

blok tersebut tidak perlu meminta izin terlebih dahulu dari stasiun tujuan atau tergantung kondisi petak blok didepannya, karena kedudukan normal

aspek sinyal asal berindikasi "berjalan".

ii. moving block yaitu suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petakjalan menjadi beberapa bagian blok yang panjang dan lokasinya berubah-ubah tergantung kecepatan dan posisi kereta api kecepatan tinggi yang bersangkutan dan kereta api kecepatan tinggi yang di depannya.

c. Persyaratan Penempatan

i. fixed block berada di sepanjang jalur kereta api dengan jarak tertentu tergantung headway kereta api dan/atau ditempatkan secara virtual di kabin kereta api kecepatan tinggi.

moving block berada di sepanjang jalur kereta api dan ii. sarana (indikator sinyal berada di kabin), hubungan

dengan sarana menggunakan frekuensi radio.

d. Persyaratan Pemasangan

i. fixed block

a. dipasang pada tiap batas block section, dan/atau di dalam kabin kereta api kecepatan tinggi;

b. marka dilengkapi dengan plat identifikasi.

moving block ii.

> a. dipasang di sepanjang jalan kereta api kecepatan tinggi dan di sarana yang berupa peralatan radio

komunikasi dan panel indikasi; dan

b, antena untuk radio komunikasi pada kereta api kecepatan tinggi minimal dipasang di bagian atap dan belakang dengan sistem ganda (duplicated) atau sesuai dengan desain.

e. Persyaratan Teknis

i. Persyaratan Operasi

a. peralatan fixed block

- a. peralatan blok elektrik pada blok terbuka otomatis maupun tidak otomatis harus mampu mengunci rute yang berlawanan dari stasiun sebelah sehingga rute ke petak blok yang sama tidak dapat terbentuk;
- b. harus mampu mengendalikan perubahan aspek dua sinyal blok otomatik yang berdiri berurutan didepan sinyal yang bersangkutan; dan

penggunaan peralatan blok elektrik untuk blok otomatik digunakan di jalur ganda atau kembar.

- b. peralatan moving block dilengkapi dengan radio komunikasi minimal harus memenuhi persyaratan berikut:
 - a. menggunakan radio digital;
 - b. menggunakan multi frekuensi;
 - c. menggunakan access control; dan
 - menggunakan sistem keamanan (data encryption).

ii. Persyaratan Material

a. fixed block

- a. sistem block control, material yang digunakan harus mampumelakukan fungsi:
 - mengontrol/mendeteksi keberadaan sarana kereta api kecepatan tinggi di petak blok; dan

menjamin keamanan perjalanan; dan

 b. block Interface, material yang digunakan harus mampu melakukan fungsi interfacing antara sistem blok dengan interlocking.

b. moving block, peralatan radio komunikasi minimal

harus memenuhi persyaratan berikut:

a. radio digital : (1 + 1) hot standby;

b. multi frekuensi : dengan teknologi frekuensi hopping;

c. access control :menggunakan Identification data yang terdaftar;

d. sistem keamanan : data encryption; atau

 e. sesuai dengan desain dan standar nasional/ internasional.

2.1.1.4 Data Logger

a. Fungsi

Data logger berfungsi untuk mencatat/merekam/menyimpan data semua proses yang terjadi di peralatan interlocking lengkap dengan waktu kejadian.

 Persyaratan Penempatan data logger terletak di dalam ruang peralatan (equipment room).

c. Persyaratan Pemasangan data logger dipasang pada kubikel di ruang yang sama atau berdekatan dengan rak interlocking.

d. Persyaratan Teknis

1) Persyaratan Operasi

- a) dapat merekam semua aktivitas interlocking selama 14 hari lengkapdengan waktu dan tanggal;
- b) waktu dan tanggal yang direkam mengacu pada waktu dan tanggal yang ditunjukkan oleh jam induk;
- kemampuan penyimpanan data minimal 14 hari yang akan terhapus secara otomatis tergantikan dengan data yang baru;

d) dilengkapi dengan fasilitas pengambilan data;

- e) dapat dilengkapi dengan fasilitas *output* untuk dibaca; dan
- f) program data logger dilengkapi dengan password.

2) Persyaratan Material

- a) dapat menggunakan komputer standar industri;
- b) monitor yang digunakan minimal jenis LCD / LED minimal 15 inch;
- dilengkapi dengan printer minimal dot matrik atau sesuai dengan desain; dan
- d) fasilitas pengambilan data minimal berupa CD writer atau USB port.

2.1.1.5 Catu Daya

2.1.1.5.1. Fungsi

catu daya berfungsi untuk mensuplai daya secara terus-menerus untuk peralatan sinyal elektrik dalam dan luar ruangan serta peralatan telekomunikasi.

2.1.1.5.2. Jenis

- a. catu daya utama;
- b. catu daya darurat;
- c. catu daya cadangan.

2.1.1.5.3. Persyaratan Penempatan

a. catu daya utama, darurat dan cadangan terletak di

ruang peralatan pada ruangan khusus yang terpisahpisah dan berdekatan dengan ruang interlocking;

 b. catu daya cadangan berupa generator diesel harus dipasang pada sistem pemantauan/pengendalian terpusat kereta api kecepatan tinggi.

2.1.1.5.4. Persyaratan Pemasangan

a. catu daya utama harus dipasang dengan menggunakan trafo isolasi (insulation transformer);

b. catu daya darurat dipasang pada rak khusus;

- c. catu daya cadangan dipasang menggunakan pondasi yang terpisah dari pondasi ruangan atau catu daya cadangan yang menggunakan trafo isolasi (insulation transformer) yang terpisah dengan trafo isolasi lainnya;
- d. bagian depan dan belakang rak panel pelayanan catu daya yang terdapat pintu disediakan ruang yang cukup minimal 80 cm antara dinding dengan catu daya untuk memudahkan perawatan; dan

e. dilengkapi dengan sistem pengatur sirkulasi udara.

2.1.1.5.5. Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

 catu daya hanya digunakan untuk mencatu peralatan sinyal dan telekomunikasi;

2. catu daya utama

a) dari tegangan PLN atau sumber lain;

b) dilengkapi dengan sistem UPS;

e) mampu menyediakan daya untuk kebutuhan beban penuh peralatan sinyal dan telekomunikasi secara terus menerus;

 d) apabila tegangan atau frekuensi catu daya utama berubah sampai di atas/di bawah harga toleransi yang dirancang, catu daya utama harus terputus; dan

e) setelah catu daya utama bekerja kembali sekurang kurangnya 5 menit dan telah stabil, beban penuh instalasi diambil alih oleh catu daya utama secara otomatis dan menghentikan catu daya cadangan secara otomatis.

3. catu daya darurat

 a) dari baterai dengan kapasitas operasi minimum 2 jam pada beban penuh;

 harus mampu menanggung beban sementara pada saat catu daya utama putus/terganggu, sebelum beralih dari catu daya utama ke catu daya cadangan; dan

c) pada waktu catu daya utama terputus, beban penuh instalasi persinyalan segera diambil alih secara otomatik oleh baterai. Pada saat bersamaan diesel generator dan/atau catu daya cadangan lainnya mulai bekerja secara otomatis.

4. catu daya cadangan

a) dari diesel generator dengan kapasitas operasi paling rendah/ minimal 1,25 x beban normal dan/ atau dari sumber catu daya lainnya memiliki kapasitas yang setara dengan sumber catu daya utama untuk mensuplai peralatan sinyal dan telekomunikasi; atau menggunakan Jalur distibusi PLN/ Badan Usaha Lain yang

terpisah dari Jalur distibusi utama PLN/ Badan Usaha Lain;

 harus dapat menanggung beban penuh pada saat catu daya utama putus/terganggu;

- c) beban penuh harus diambil alih oleh diesel generator dalam waktu tidak lebih dari 10 menit sejak diesel generator mulai hidup atau menggunakan catu daya cadangan yang terpisah dari catu daya utama;
- d) apabila catu daya utama tidak bekerja kembali dalam waktu maksimal 5 menit, diesel generator secara otomatis mengambil alih pemberian daya ke instalasi,atau menggunakan Jalur distibusi PLN/ Badan Usaha Lain yang terpisah dari Jalur distibusi utama PLN/Badan Usaha Lain;
- setelah catu daya utama bekerja kembali sekurang-kurangnya 5 menit dan telah stabil, beban penuh instalasi diambil alih lagi oleh catu daya utama secara otomatis dan menghentikan catu daya cadangan/diesel generator secara otomatis;
- n dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan nilai maksimal 1 Ω; atau
- g) sesuai dengan desain dan standar nasional/ internasional.

b. Persyaratan Material

- catu daya utama
 - a) catu daya utama, dari PLN atau sumber lain;
 - b) tegangan nominal 380 atau 220 Volt ±10%, frekuensi 50 Hz ± 3Hz;
 - dilengkapi "sistem catu daya tidak terputus" (UPS);
 - d) dilengkapi dengan proteksi tegangan lebih atau tegangan kurang; atau
 - e) sesuai dengan desain dan standar nasional/ internasional.
- 2. catu daya darurat
 - a) catu daya darurat, dari baterai dan rechargeable; dan
 - b) kapasitas minimum tahan beroperasi 2 jam pada beban penuh.
- 3. catu daya cadangan
 - a) catu daya cadangan, dari diesel generator; atau menggunakan catu daya yang terpisah dari catu daya utama;
 - b) kapasitas minimal/paling rendah 1,25 x beban normal peralatan sinyal dan telekomunikasi atau atau menggunakan Jalur distibusi PLN/ Badan Usaha Lain yang terpisah dari Jalur distibusi utama PLN/ Badan Usaha Lain;
 - dilengkapi dengan battery charger;
 - d) battery untuk starter generator harus dilengkapi dengan charger otomatis yang terhubung dengan catu daya utama; dan
 - dapat dilengkapi dengan tangki bahan bakar cadangan (Genset).

2.1.1.6 Pengendalian dan/atau Pengawasan Perjalanan Kereta Api Kecepatan Tinggi Terpusat

a. Fungsi

merupakan pengendalian dan/atau pengawasan kereta api kecepatan tinggi terpusat untuk mengatur/mengendalikan dan/atau mengawasi perjalanan kereta api kecepatan tinggi pada wilayahnya yang dilengkapi dengan peralatan pengedali/pengawasan, pusat komunikasi, rencana dan realisasi grafik perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

semua operasi kereta api kecepatan tinggi diawasi dan diatur di sini. Semua data status terkait dengan sistem kontrol stasiun, *radio block system* dan sistem *onboard* dikirimkan ke sistem kontrol pusat.

b. Jenis

pengendalian dan/atau pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi terpusat disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

c. Persyaratan Penempatan

ditempatkan di ruangan khusus dan di dalam ruangan.

d. Persyaratan Pemasangan

pengendalian dan/atau pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi terpusat dipasang pada lokasi sedemikian hingga mampu beroperasi secara optimal.

- e. Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - mampu melakukan pengawasan dan/atau pengendalian operasi kereta api kecepatan tinggi;
 - menampilkan area/wilayah pengawasan dan/atau pengendalian operasi kereta api kecepatan tinggi;
 - dapat melakukan komunikasi dengan PPKA dan masinis/awak sarana;
 - dapat menampilkan indikasi yang diperlukan untuk pengawasan dan/atau pengendalian operasi kereta api kecepatan tinggi; dan
 - mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
 - b. Persyaratan Material

Ukuran dan bentuk layar/monitor dapat menampilkan area/ wilayah pengawasan dan/atau pengendalian operasi kereta api kecepatan tinggi; dan workstation/Visual Display Unit (VDU) harus berstandar industrial.

2.1.1.7 Perangkat Sistem Keselamatan Kereta Api Kecepatan Tinggi Otomatis (SKKO)

2.1.1.7.1 Fungsi

Perangkat sistem keselamatan kereta api kecepatan tinggi secara otomatis merupakan suatu sistem yang secara otomatis mengatur/mengendalikan pergerakan kereta api kecepatan tinggi, menjamin keselamatan kereta api kecepatan tinggi dan mengarahkan operasi kereta api kecepatan tinggi. Sistem ini dapat bekerja pada sistem persinyalan fixed block dan moving block. Fungsi perangkat ini dapat berupa dan tidak hanya Automatic Train Protection (ATP), Automatic Train Operation (ATO), dan/atau Automatic Train Supervision (ATS).

2.1.1.7.2 Jenis

- a. perangkat sistem keselamatan kereta api kecepatan tinggi secara otomatis disesuaikan dengan standar atau peraturan yang ada serta dilengkapi dengan standar operasional prosedur (SOP) untuk perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. perangkat sistem keselamatan kereta api kecepatan tinggi secara otomatisterdapat pada/digunakan pada sistem persinyalan fixed block dan/atau moving block.

2.1.1.7.3 Persyaratan Penempatan

- a. di sepanjang jalur kereta api kecepatan tinggi;
- ь. di sarana kereta api kecepatan tinggi; atau
- c. di tempat lain yang sesuai dengan desain dan standar.

2.1.1.7.4 Persyaratan Pemasangan

- 1) dipasang sesuai dengan peruntukannya;
- 2) dipasang dengan kokoh; atau
- 3) dipasang sesuai dengan desain dan standar.

2.1.1.7.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - mampu melakukan komunikasi dengan peralatanperalatan terkait; dan
 - 2. mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
- Persyaratan Material sesuai dengan desain dan standar.

2.1.2 Peralatan Luar Ruangan

2.1.2.1 Peraga Sinyal Elektrik

2.1.2.1.1 Fungsi

Peraga sinyal elektrik berfungsi menunjukkan aspek berjalan, berjalan hati-hatiatau berhenti bagi perjalanan kereta api kecepatan tinggi.

2.1.2.1.2 Jenis

- a. peraga sinyal elektrik untuk kereta api kecepatan tinggi, terpasang di sepanjang jalan kereta api (wayside signal) apabila diperlukan, terdiri atas:
 - 1. sinyal utama, yaitu:
 - a) sinyal masuk;
 - b) sinyal masuk berjalan jalur kiri;
 - c) sinyal berangkat;
 - d) sinyal blok;
 - e) sinyal langsir; dan
 - f) sinyal darurat.
 - 2. sinyal pembantu, yaitu:
 - a) sinyal muka;
 - b) sinyal muka blok antara;
 - c) sinyal pendahulu; dan
 - d) sinyal pengulang.
 - sinyal pelengkap, yaitu:
 - a) sinyal penunjuk batas kecepatan;
 - b) sinyal penunjuk arah; dan
 - c) sinyal penunjuk berjalan jalur kiri;
- b. peraga sinyal elektrik untuk kereta api yang terpasang di kabin masinis (cab signal) apabila diperlukan way side signal, disesuaikan dengan perencanaan teknis dan operasi serta standar nasional/internasional.

2.1.2.1.3 Persyaratan Penempatan

a. peraga sinyal yang berupa way side signal terletak di luar ruang bebas di sisi jalur kereta api kecepatan tinggi baik di emplasemen ataupun di petak jalan; dan

- b. peraga sinyal yang berupa cab signal terletak di dalam kabin masinis.
- 2.1.2.1.4 Persyaratan Pemasangan

Persyaratan pemasangan peraga sinyal yang berupa wayside signal sebagai berikut:

a. dipasang di sebelah kanan jalur kereta api kecepatan

tinggi yang bersangkutan;

- b. jika kondisi lapangan/ruang bebas tidak memungkinkan, maka penempatan sinyal dipasang tetap di sebelah kanan jalur kereta api kecepatan tinggi yang bersangkutan dengan konstruksi gantung atau menggunakan tiang tinggi;
- c. jika kondisi pada huruf a dan b tidak memungkinkan, maka peraga sinyal dapat ditempatkan di sisi sebelah kiri jalur kereta api kecepatan tinggi yang bersangkutan dengan menambahkan marka sinyal untuk jalur kereta api kecepatan tinggi yang bersangkutan;
- d. harus terlihat oleh masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekati sinyal dari jarak tampak;
- e. khusus sinyal utama yang berupa sinyal masuk berjalan jalur kiri dipasang di sebelah kiri jalur kereta api kecepatan tinggi yang bersangkutan;
- f. sinyal masuk untuk jalur ganda kereta api kecepatan tinggi dapat dipasang minimal 50 m dan maksimal 400 m dari wesel ujung;
- g. sinyal pembantu yang berupa sinyal muka dipasang sebelum sinyal utama;
- h. sinyal pembantu yang berupa sinyal pendahulu dipasang sebelum sinyalutama apabila jarak tampak tidak terpenuhi;
- sinyal pelengkap dipasang pada sinyal utama yang berupa sinyal masuk, sinyal berangkat dan sinyal masuk berjalan jalur kiri;
- j. sinyal pelengkap yang berupa sinyal darurat dipasang di bawah sinyal masuk, sinyal berangkat dan sinyal masuk berjalan jalur kiri;
- k. sinyal pelengkap yang berupa sinyal penunjuk batas kecepatan ditampilkan secara virtual di DMI (*Driver Machine Interface*) pada kabin kereta api kecepatan tinggi;
- sinyal pelengkap yang berupa sinyal penunjuk batas kecepatan dipasang diatas sinyal masuk atau sinyal berangkat apabila diperlukan;
- m. sinyal pelengkap yang berupa sinyal penunjuk arah dipasang di atas sinyal masuk dan sinyal berangkat apabila diperlukan;
- n. sinyal pelengkap yang berupa sinyal penunjuk jalan jalur kiri dipasang di atas sinyal berangkat yang dipergunakan untuk pemberangkatan ke jalur kiri;
- ketinggian pondasi tiang sinyal harus sejajar dengan kop rel atau sesuai standar nasional/internasional yang telah ditetapkan.
- p. semua kabel ke sinyal tidak kelihatan/dilindungi;
- q. dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan nilai maksimal 5 Ω; atau
- r. sesuai dengan desain dan standar nasional/internasional.

2.1.2.1.5 Persyaratan Teknis

- 1) Persyaratan Operasi
 - a) umum
 - a) dilengkapi dengan sistem fail safe yang harus menjamin bila terjadi kegagalan pada peralatan lampu sinyal utama (kecuali sinyal langsir), maka keamanan operasi dari peralatan maupun sistemnya tetap terjamin;

b) tahan terhadap interferensi gelombang elektromagnet yang berpengaruh terhadap

aspek sinyal;

 dilengkapi dengan casing lampu dan box sinyal yang kedap air dan debu;

- d) tiang sinyal dilengkapi dengan tangga dan bordes untuk memudahkan perawatan atau sesuai dengan desain; dan
- e) tiang sinyal harus dibuat anti korosi.
- b) sinyal masuk
 - a) dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - (a) aspek berjalan dengan indikasi lampu hijau;
 - (b) aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning;
 - (c) aspek berhenti dengan indikasi lampu merah; atau
 - (d) aspek lain sesuai dengan desain dan standar yang telah ditetapkan.
 - b) dilengkapi dengan sinyal darurat, sinyal penunjuk kecepatan;
 - dapat dilengkapi dengan sinyal penunjuk arah;
 dan
 - d) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segala kondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.
- c) sinyal masuk berjalan jalur kiri
 - (1) dapat memperagakan semboyan tidak aman;
 - (2) dilengkapi dengan sinyal darurat; dan
 - (3) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.
- d) sinyal berangkat
 - dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - aspek berjalan dengan indikasi lampu hijau;
 - aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning; dan
 - aspek berhenti dengan indikasi lampu merah.
 - (2) dilengkapi dengan sinyal darurat;
 - (3) dapat dilengkapi dengan sinyal penunjuk kecepatan, sinyal langsir, sinyal penunjuk arah dan sinyal penunjuk jalur kiri; dan
 - (4) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.
- e) sinyal blok
 - (1) dapat memperagakan aspek sinyal elektrik

sebagai berikut:

- (a) aspek berjalan dengan indikasi lampu hijau;
- (b) aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning; dan
- (c) aspek berhenti dengan indikasi lampu merah; dan
- (2) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

f) sinyal langsir

- dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
- (2) untuk sinyal langsir yang berdiri sendiri:
 - (a) aspek boleh langsir dengan indikasi lampu putih; dan
 - (b) aspek tidak boleh langsir dengan indikasi lampu merah atau biru.
- (3) untuk sinyal langsir yang bergabung dengan sinyal keluar:
 - (a) aspek boleh langsir dengan indikasi lampu putih; dan
 - (b) aspek tidak boleh langsir dengan indikasi lampu merah ikut sinyal keluar; dan
- (4) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segala kondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

g) sinyal darurat

- dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - (a) sinyal darurat harus dapat memperlihatkan aspek boleh berjalan dengan indikasi aspek lampu putih dan merah menyala;
 - (b) aspek sinyal darurat baru menyala apabila kereta yang bersangkutan sudah menginjak pendeteksi sarana di depan sinyal utama yang terganggu atau sesuai dengan desain dan standar nasional/internasional; dan

(c) terlihat dari jarak tampak;

(2) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

h) sinyal muka

- dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - (a) aspek berjalan dengan indikasi lampu hijau;
 - (b) aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning; dan

(c) terlihat dari jarak tampak; dan

- (2) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.
- i) sinyal muka blok antara
 - dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - (a) aspek berlalan dengan indikasi lampu

hijau; dan

(b) aspek berjalan hati-hati dengan indikasi lampu kuning.

(2) terlihat dari jarak tampak; dan

(3) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

j) sinyal pendahulu

- sinyal pendahulu harus dapat memperagakan aspek sinyal elektrik dapat memperlihatkan simbol aspek sinyal utama;
- (2) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segalakondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

k) sinyal pembatas kecepatan

- (1) dapat memperagakan aspek sinyal sebagai berikut:
 - (a) sinyal penunjuk batas kecepatan harus dapat memperlihatkan batas kecepatan; dan

(b) terlihat dari jarak tampak.

- (2) untuk sinyal pembatas kecepatan tidak tetap, sinyal utama menunjukkan aspek kuning atau hijau setelah mendapat konfirmasi bahwa aspek sinyal penunjuk batas kecepatan menyala; dan
- (3) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segala kondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.
- (4) aspek sinyal dapat berada pada wayside dan/atau berada di DMI (*Driver Machine Interface*) pada kabin kereta api kecepatan tinggi

l) sinyal penunjuk arah

- (1) dapat memperagakan aspek sinyal elektrik sebagai berikut:
 - (a) sinyal penunjuk arah harus dapat memperlihatkan arah yang dituju dengan aspek putih; dan

(b) terlihat dari jarak tampak; dan

(2) aspek tersebut di atas harus dapat terlihat dengan jelas dalam segala kondisi cuaca pada saat siang maupun malam dari jarak tampak.

(3) Aspek sinyal penunjuk arah dapat terlihat pada DMI (*Driver Machine Interface*) kabin kereta

2) Persyaratan Material

1. Umum

- terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek hijau, kuning atau merah, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- b) casing dari bahan anti karat dan tahan terhadap cuaca; dan
- tiang sinyal dapat berupa metal atau composite yang memudahkan perawatan atau sesuai dengan desain.

2. sinyal masuk

- terdiri atas sinyal cahaya berupa lampu dengan aspek hijau, kuning atau merah, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- b) jarak tampak minimum 600 m atau sesuai

- dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. sinyal berangkat

- terdiri atas sinyal cahaya berupa lampu dengan aspek hijau, kuning atau merah, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak tampak minimum 600 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

4. sinyal blok

- terdiri atas sinyal cahaya berupa lampu dengan aspek hijau, kuning dan merah, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak tampak minimum 600 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

5. sinyal langsir

- sinyal langsir pendek/tinggi yang berdiri sendiri terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek putih, merah, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- sinyal langsir yang bergabung dengan sinyal utama, terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek putih, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak tampak minimum 200 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

6. sinyal darurat

- a) sinyal darurat dipasang dalam satu tiang dibawah sinyal utama;
- terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek putih, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- untuk satu kali pelayanan normal sinyal darurat hanya dapat menyalaminimal 90 detik;
- d) jarak tampak maksimal 100 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

7. sinyal muka

- terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek hijau dan kuning, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak tampak minimum 600 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

8. sinyal muka blok antara

- terdiri atas sinyal cahaya berupa lampu dengan aspek hijau dan kuning, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak antara lampu hijau dengan lampu kuning 300 mm;
- jarak tampak minimum 600 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

9. sinyal pendahulu

- terdiri dari sinyal cahaya dengan aspek putih, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- jarak tampak minimum 200 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 10. sinyal penunjuk arah (direction indicator)
 - a) sinyal penunjuk arah dipasang dalam satu tiang dibagian paling atas sinyal utama;
 - indikasi sinyal penunjuk arah dipasang di atas sinyal keluar;
 - terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek putih, modul elektronik dan dilengkapi casing;
 - d) jarak tampak minimal 200 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
 - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

sinyal pembatas kecepatan

- a) dapat dipasang di bagian atas sinyal masuk dan dapat dipasang padasinyal keluar;
- sinyal pembatas kecepatan harus dapat menunjukkan angka pembatas kecepatan variabel;
- terdiri atas sinyal cahaya dengan aspek berupaangka 3, 4 atau 6, modul elektronik dan dilengkapi casing;
- d) jarak tampak minimal 350 m atau sesuai dengan kecepatan sarana yang dioperasikan; atau
- e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- spesifikasi lampu sinyal
 - a) dilengkapi dengan fasilitas untuk mensimulasikan indikasi kegagalan;
 - b) supply tegangan menggunakan AC atau DC;
 - daya nominal untuk satu aspek sinyal maksimal 10W;
- 13. Struktur pendukung

- tiang terbuat dari pipa baja/beton dan mampu memikul beban peralatan sinyal;
- tiang sinyal dapat berupa metal atau composite yang memudahkan perawatan atau sesuai dengan desain
- tiang sinyal dilengkapi marka identifikasi yang memuat nama dan nomor sinyal;
- d) tulisan terbuat dari bahan pendar cahaya;
- e) lampu-lampu sinyal diberi pelindung sinar matahari;
- casing, pelindung cahaya matahari dan background plate dicat hitam tidak pendar cahaya serta dengan minimal IP54.

2.1.2.2 Penggerak Wesel Elektrik

2.1.2.2.1. Fungsi

Penggerak wesel elektrik berfungsi untuk menggerakan lidah wesel, mendeteksi dan mengunci kedudukan akhir lidah wesel baik secara individual atau mengikuti arah rute yang dibentuk.

2.1.2.2.2. Jenis

- a. penggerak wesel elektrik menurut jenis catu dayanya terdiri atas:
 - 1. penggerak wesel DC; dan
 - 2. penggerak wesel AC.
- b. penggerak wesel elektrik menurut jenis pengunciannya terdiri atas:
 - 1. penguncian dalam; dan
 - 2. penguncian luar.

2.1.2.2.3. Persyaratan Penempatan

Penggerak wesel elektrik terletak di samping lidah wesel di luar ruang bebas jalurkereta api kecepatan tinggi.

2.1.2.2.4. Persyaratan Pemasangan

- a. penggerak wesel harus dipasang di luar batas ruang bebas jalur kereta apikecepatan tinggi;
- b. dipasang di atas bantalan rel yang memanjang atau sesuai desain;
- c. tempat pemasangan motor wesel harus bebas dari genangan air;
- d. stang penggerak, stang pendeteksi dan plat landas kedudukan motor wesel harus diisolasi;
- e. pemasangan motor wesel harus ditambat dengan konstruksi yang kokoh dan untuk lokasi tertentu dilengkapi dengan tembok penahan balas; dan
- f. Dapat dipasang lebih dari satu motor wesel pada satu wesel

2.1.2,2.5. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - harus dilengkapi dengan pendeteksi kedudukan akhir lidah wesel;
 - wesel harus terkunci otomatis, ketika gerakan lidah wesel telah mencapai kedudukan akhir;
 - 3. apabila wesel terganjal dan tidak bisa mencapai kedudukan akhir maka akan terjadi slip dan setelah 10 detik wesel harus kembali ke kedudukan semula atau apabila terjadi gangguan wesel/slip pada kedudukan akhir maka wesel tetap pada kedudukan terakhir;
 - 4. apabila terjadi gangguan power, maka wesel harus

- dapat dilayani secara manual setempat menggunakan engkol dan secara otomatis memutus aliran listrik ke motor wesel;
- motor wesel harus dapat bekerja dengan toleransi ± 10% dari tegangan nominalnya;
- 6. motor harus kedap debu dan air;
- mekanisme motor penggerak wesel terdiri dari kopling, batang penggerak, detektor slip, sistem sakelar dan fasilitas untuk operasi secaramanual; atau
- 8. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
 - tahanan isolasi antara bagian bertegangan dan bodi sesuai dengan desain dan standar;
 - catu daya 120 VDC 160 VDC, atau 110 VAC -140 VAC 50 Hz atau 380/220VAC 3/1 phasa 50 Hz atau sesuai dengan perencanaan serta dapat beroperasi pada rating tegangan ± 10% tegangan nominal;
 - 3. pemakaian arus pada beban normal < 10 A;
 - 4. mempunyai gaya penggerak yang mampu memindahkan posisi lidah wesel sampai kedudukan sempurna sesuai dengan jenis wesel dan ukuran rel. Gerakan pembalikan lidah wesel apabila penggunaan motor wesel lebih dari satu maka mengikuti standar desain internasional/nasional;
 - jarak maksimum bisa dideteksi antara lidah wesel yang menutup terhadap rel lantaknya adalah < 4 mm;
 - 6. stang pendeteksi, stang penggerak tidak diperbolehkan adanya sambungan (las); dan
 - terminal box terbuat dari plat baja Waterproof dengan penutup yangdapat dikunci.

2.1.2.3 Pendeteksi Sarana Perkeretaapian

a. Fungsi

pendeteksi sarana perkeretaapian berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sarana pada jalur kereta api baik di emplasemen maupun di petak jalan.

- b. Jenis
 - pendeteksi sarana perkeretaapian menurut cara kerjanya terdiri atas:
 - a) track circuit; dan
 - b) axle counter.
 - 2) track Circuit dapat berupa:
 - a) track circuit arus searah (DC);
 - b) track circuit arus bolak balik AC); dan
 - c) track circuit frekuensi suara (AF);
- c. Persyaratan Penempatan

pendeteksi sarana perkeretaapian terletak di rel jalur kereta api kecepatan tinggi.

- d. Persyaratan Pemasangan
 - 1) track circuit di pasang pada kondisi sebagai berikut:
 - a) jalur kereta api yang tidak menggunakan bantalan besi;
 - b) jalur kereta api dengan tahanan ballast minimum $2 \Omega/\text{km}$;

- c) gandar sarana kereta api yang melewati lintas tersebut mempunyai tahanan maksimum 0,3 Ω/roda ; dan
- d) jalur kereta api dengan tahanan rel maksimum $0.05 \Omega/km$.
- 2) axle counter di pasang pada kondisi sebagai berikut:
 - a) jalur kereta api yang menggunakan bantalan besi,
 bantalan beton, maupun bantalan kayu;
 - b) jalur kereta api yang terdapat konstruksi jembatan besi, perlintasan sebidang atau lokasi yang tidak dapat diisolasi; dan
- c) diameter minimal roda sarana kereta api yang dapat dideteksi 30 cm.
- 3) pemasangan Insulated Rail Joint (IRJ) atau pendeteksi gandar axle counter harus memenuhi kondisi sebagai berikut:
 - a) di luar wesel
 - (1) dipasang 5 10 m di belakang sinyal yang bersangkutan atau sesuaidengan desain; dan
 - (2) sedapat mungkin tidak dipasang di daerah lengkung (kecuali padakondisi tertentu).
 - b) di wesel
 - (1) dipasang 5 10 m dari ujung wesel atau sesuai dengan desain;
 - (2) dipasang 5 10 m dari patok ruang bebas atau sesuai dengan desain; dan
 - (3) IRJ dapat dipasang dibagian wesel yang lurus ataupun wesel yang belok.
 - c) setiap pemasangan IRJ harus dilengkapi minimal dengan dua bantalan kayu atau sesuai dengan desain dan dilakukan pemadatan ballast sesuai kondisi normal untuk menjaga kualitas IRJ terpasang tetap baik.
 - e. Persyaratan Teknis
 - 1) Persyaratan Operasi
 - a) track circuit arus searah dan frekuensi suara dipasang untuk lintas yang tidak menggunakan jaringan listrik aliran atas arus searah atau sesuai dengan desain;
 - b) track circuit arus bolak balik tidak dapat dipasang untuk lintas yang menggunakan jaringan listrik aliran atas arus bolak-balik atau sesuai dengan desain;
 - c) track circuit impulse tegangan tinggi dipasang pada lintas baik yang menggunakan jaringan listrik aliran atas atau tidak;
 - d) alat pendeteksi harus mampu mendeteksi keberadaan sarana kereta api; dan
 - e) mekanisme kerja peralatan tidak boleh terganggu oleh induksi elektro magnetik lain yang bukan peruntukannya.
 - 2) Persyaratan Material
 - a) track circuit AC
 - track circuit terdiri atas double rail track circuit dan single rail track circuit dengan frekuensi komersial 50 Hz;
 - (2) double rail track circuit dipasang di luar emplasemen dan single rail track circuit dipasang di emplasemen;
 - (3) dilengkapi dengan impedansi bond untuk

perpindahan arus balik gardutraksi dari single rail ke double rail;

(4) pada lilitan sekunder impedansi bond

dilengkapi surge arrester,

- (5) pada setiap sambungan rel harus ditambah rel bonding untuk arus balik gardu traksi menggunakan minimal kabel minimum alumunium 4 x 150 mm2 atau dengan tembaga minimal 2 x 150 mm2 atau sesuai dengan desain;
- (6) tahanan balas minimum per kilometer 2 Ω atau sesuai dengan desain;
- (7) tahanan shunt gandar kereta maksimum 0,3 Ω/roda atau sesuai dengan desain; atau
- (8) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b) track circuit DC

- (1) harus mampu mendeteksi bagian track yang diduduki oleh saranakereta api;
- (2) track circuit bekerja berdasarkan terhubung singkatnya kedua rel oleh kedua roda kereta api;
- (3) rangkaian listrik dengan sistem closed circuit;
- (4) polaritas rel di titik isolasi (IRJ) harus berlawanan;
- (5) panjang *track circuit* maksimum 1100 m atau sesuai dengan desain;
- (6) tahanan balas minimum 2 Ω/km atau sesuai dengan desain;
- (7) tahanan hubung singkat maksimum 0,3
 Ω/roda atau sesuai dengan desain;
- (8) catu daya sesuai pabrikasi;
- (9) track rele tipe fail safe relay;
- (10) mekanisme kerja peralatan tidak boleh terganggu induksi elektro magnetik lain yang bukan untuknya; atau
- (11) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

c) axle counter

- bekerja berdasarkan deteksi dan perhitungan jumlah gandar input/ output. Pendeteksian harus mampu meliputi area yang bersangkutan;
- (2) harus dilengkapi proteksi terhadap arus lebih akibat Switching tegangan tinggi maupun induksi petir;
- (3) setiap hubungan peralatan pendeteksi sarana kereta api ke *track* dapat menggunakan terminal *box*:
- (4) terminal box memisahkan kabel dari evaluator dengan kabel yangmenuju wheel detector,
- (5) terminal box harus terbuat dari bahan anti karat; dan
- (6) sistem penghitung gandar dapat terdiri atas:
 - (a) peralatan luar yaitu pendeteksi roda, track conection box, dan kabel; dan

- (b) peralatan dalam terdiri dari evaluator dan sistem transmisi.
- (7) karakteristik peralatan luar axle counter.
 - (a) dilengkapi elemen pelindung induksi petir dan pelindung fisik;
 - (b) tahan terhadap getaran;
 - (c) dapat beroperasi pada suhu 0°C sampai 60°C;
 - (d) counting head mempunyai tingkat proteksi IP67:
 - (e) tahan/kebal terhadap pengaruh medan magnet yang timbul dari rel;
 - (f) frekuensi sesuai pabrikasi; dan
 - (g) tegangan sesuai pabrikasi.
- (8) karakteristik peralatan dalam:
 - (a) sistem modul dengan plug-in;
 - (b) tegangan tak terputus sesuai pabrikasi;
 - (c) dapat beroperasi pada suhu 0°C sampai 60°C;
 - (d) dilengkapi dengan tombol reset;
 - (e) output yang harus dihasilkan:
 - i. indikasi track clear, dan
 - ii. indikasi track occupied.

d) Insulated Rail Joint (IRJ)

- (1) karakteristik material adalah:
 - (a) terbuat dari bahan yang tidak menghantarkan listrik;
 - (b) dilengkapi mur baut yang dapat mengikat IRJ dengan kokoh;
 - (c) mampu menerima beban gandar minimal 18 ton atau sesuaidengan desain;
 - (d) dapat menahan tekanan rel;
 - (e) tahan terhadap panas, mempunyai sifat elastis; dan
 - (f) tidak mudah menyerap air.
- (2) mur baut dan plat penguat/ back up plate harus digalvanis; dan
- (3) tebal *endpost* minimum 10 mm atau sesuai dengan desain.
- e) Track Circuit AF
 - (1) bekerja pada frekuensi suara (audio frequency) sesuai desainyang ditetapkan;
 - (2) setiap track circuit dengan track circuit lainnya dipisahkan dengan insulated electric;
 - (3) frekuensi *track circuit* yang berdampingan memiliki frekuensi berbeda sesuai desain;
 - (4) frekuensi track circuit dapat terbaca oleh track circuit reader yangberada di sarana; atau
 - (5) besaran nilai frekuensi *track circuit* disesuaikan dengan standar nasional/internasional.

2.1.2.4 Balise Jalur

a. Fungsi

Balise jalur merupakan perangkat yang berupa bantalan elektronik atau transponder, peralatan ini umumnya diletakkan di antara dua rel atau di atas bantalan atau di antara dua bantalan pada jalan rel atau jalur kereta api kecepatan tinggi untuk saling berkomunikasi dengan transponder yang ada di sarana perkeretaapian guna mengetahui posisi kereta api kecepatan tinggi dan mengaktifkan fungsi perangkat lainnya serta merupakan bagian dari SKKO.

b. Jenis

- fixed balise jalur merupakan balise yang dirancang untuk mengirimkan data yang statis kepada setiap sarana kereta api kecepatan tinggi agar sarana kereta api kecepatan tinggi mengetahui posisinya secara eksak/riil, jarak kereta yang ada di depannya atau sinyal di depan dan mengetahui batas kecepatan.
- switchable balise jalur merupakan balise yang dirancang untuk mengirimkan data dinamis kepada setiap kereta api kecepatan tinggi yang lewat.
- c. Persyaratan Penempatan

Balise jalur diletakkan pada bantalan di antara kedua rel atau di antara kedua bantalan atau di atas bantalan pada jalur kereta api kecepatan tinggi dengan jarak tertentu agar dapat melakukan fungsinya secara optimal.

d. Persyaratan Pemasangan

balise jalur dipasang dengan tujuan dapat melakukan komunikasi dengan balise receiver pada sarana kereta api, oleh karena itu pemasangan balise pada bantalan rel harus sedemikian rupa dapat beroperasi dengan optimal.

e. Persyaratan Teknis

Persyaratan Operasi
 mampu beroperasi untuk melakukan komunikasi
 dengan balise sarana.

 Persyaratan Material sesuai dengan desain dan standar nasional/internasional.

2.1.2.5 Radio Block System

a. Fungsi

Radio Block System (RBS) berfungsi menerima informasi posisi dan kecepatan kereta api kecepatan tinggi yang dikirimkan lewat radio dan meneruskan ke sistem interlocking, selanjutnya informasi tentang rute-rute kereta api kecepatan tinggi dari sistem interlocking akan dikirimkan kembali ke Radio Block Center (RBC) dan dikonversikan dalam bentuk otoritas pergerakan, informasi ini akan dikirim ke sarana kereta api kecepatan tinggi.

b. Persyaratan Penempatan

Radio Block System (RBS) ditempatkan di pinggir jalur kereta api kecepatan tinggi, tidak mengganggu operasi kereta api kecepatan tinggi, aman dan operasi Radio Block Center (RBC) tidak terganggu.

c. Persyaratan Pemasangan

pemasangan Radio Block System (RBS) harus memperhatikan meliputi:

1) konstruksi yang kuat;

tidak terganggu kondisi lingkungan; dan

 mampu melakukan fungsi komunikasi dengan peralatan-peralatan terkait.

d. Persyaratan Teknis

- 1) Persyaratan Operasi
 - a) mampu melakukan komunikasi dengan peralatanperalatan terkait secara baik dengan;
 - (1) sistem kontrol pusat;
 - (2) sistem kontrol stasiun;
 - (3) sistem onboard sarana.
 - b) mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
- Persyaratan Material sesuai dengan desain dan standar internasional/nasional.

2.1.2.6 Media Transmisi

2.1,2.6.1. Fungsi

media transmisi berfungsi untuk menyalurkan daya dan data dari sumber keperalatan atau sebaliknya.

2.1.2.6.2. Jenis

- a. kabel dengan bahan tembaga;
- kabel serat optik;
- c. kabel coaxial leakage (LCX); atau
- d. kabel dengan bahan lainnya (selain tembaga).

2.1.2.6.3. Persyaratan Penempatan

- a. kabel terletak:
 - 1. di luar ruangan; dan
 - 2. di dalam ruangan.
- b. kabel yang terletak di luar ruangan terletak:
 - 1. sejajar jalur kereta api; dan
 - 2. memotong jalur kereta api.
- c. kabel yang terletak sejajar jalur kereta api terletak:
 - 1. di bawah tanah;
 - 2. di atas permukaan tanah (udara);
 - 3. di dalam dak beton; atau
 - 4. di dalam kabel tray.
- d. kabel memotong jalur kereta api yang terletak di luar ruangan terletak di bawah tanah atau di dak beton atau di dalam kabel tray.

2.1.2.6.4. Persyaratan Pemasangan

- a. kabel dipasang dengan persyaratan;
 - pada waktu menggelar kabel tidak boleh melintir (twist)/ harus lurus dan menggunakan rol kabel;
 - pada pemasangan/penanaman di belokan, tekukan kabel minimal diameter 1 m atau minimal 50 kali diameter kabel luar atau sesuai dengan desain;
 - pada penyambungan kabel tiap inti harus diisolasi, dan dimasukkan dalam alat penyambung kemudian dicor dengan bahan yang tidak mengandung asam serta harus kedap air; dan
 - 4. lapisan screen conductor armour dari kabel utama harus dihubungkan ke peralatan hubung tanah/grounding atau sesuai dengan desain.
- kabel LCX dipasang di sepanjang sisi kiri atau kanan track.
- c. kabel di luar ruangan yang diletakkan sejajar jalan rel di bawah tanah dipasang dengan persyaratan:
 - dengan kedalaman minimal 1.0 m dari permukaan tanah (subgrade) atau sesuai dengan desain;
 - 2. jarak dari as rel terluar minimal 2.5 m atau sesuai

dengan desain;

 dilengkapi dengan pelindung minimal berupa rubber sheet atau kabel tray, untuk pemasangan dengan gali terbuka atau yang menggunakan saluran kabel; dan

 dilengkapi dengan patok/penanda rute kabel dengan jarak minimal setiap 50 m atau sesuai

dengan desain.

- d. kabel di luar ruangan yang diletakkan sejajar jalan rel di atas permukaan tanah (udara) dipasang dengan persyaratan:
 - pada tiang dengan ketinggian kabel minimal 5.5 m dari kop rel atau sesuai dengan desain;
 - jarak dari as rel terluar ke pinggir tiang minimal
 5 m atau sesuaidengan desain; dan
 - jarak tiang terhadap tiang berikutnya yang sejajar maksimal 50 m atau sesuai dengan desain.
- e. kabel di luar ruangan yang diletakkan memotong jalan rel (jalur kereta api di permukaan tanah / at-grade) di bawah tanah dipasang dengan persyaratan:
 - dengan kedalaman minimal 1.5 m dari permukaan tanah (subgrade) atau sesuai dengan desain;
 - 2. dipasang menggunakan dengan sistem borring; dan

3. dilengkapi dengan pipa pelindung.

f. kabel di dalam ruangan yang berada dalam bangunan dipasang pada jalur kabel/trench dan kabel rack/tray yang dilengkapi dengan tanda/ marker.

2.1.2.6.5, Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

 kabel memiliki standar operasi redaman yang ditimbulkan oleh sambungan sekecil mungkin;

- kabel tembaga di atas permukaan tanah multicore tipe N2X2YB2Y atau setara atau sesuai dengan desain;
- 3, kabel dengan bahan tembaga
 - a) lapisan screen conductor armour dari kabel utama harus dihubungkan ke peralatan hubung tanah grounding atau sesuai dengan desain;
 - tahanan isolasi minimal 100 MΩ/km atau sesuai dengan desain; dan
 - saluran kabel tembaga harus dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi sebagai berikut:
 - 1) temperatur ruangan 0 s.d 60°C; dan
 - 2) kelembaban maksimum 10 %.

4. kabel serat Optik

- a) saluran pembawa dilengkapi dengan peralatan pengolah sistem yaitu untuk mengubah dari besaran listrik menjadi cahaya atau sebaliknya;
- menggunakan sistem transmisi digital berskala tinggi minimal MPLS (Multi Protocol Label Switching);
- menggunakan sistem transmisi ring connection;
 dan
- d) saluran pembawa kabel serat optik harus dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi

sebagai berikut:

- 1) temperatur ruangan 0 s.d 60°C; dan
- kelembaban maksimum 100%.
- 5. coaxial leakage (LCX)

resistance antara inner dan outer konduktor sesuai dengan desain dan standar.

6. kabel dengan bahan lain (selain tembaga)

- lapisan screen conductor armour dari kabel utama harus dihubungkan ke peralatan hubung tanah grounding atau sesuai dengan desain;
- b) tahanan isolasi sesuai dengan desain; dan
- e) saluran kabel harus dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi sebagai berikut:
 - 1) temperatur ruangan 0 s.d 60°C; dan
 - 2) kelembaban maksimum 10 %.

b. Persyaratan Material

 kabel tembaga di bawah tanah (direct burried cable) harus memenuhi standar material sebagai berikut:

a) filler : minimal PVC;

b) core wrap : polyester tape; c) screen : alumunium tape;

1) armour :sesuai dengan

desain;

d) ukuran (luas penampang) : sesuai dengan

desain;

e) tahanan isolasi desain.

sesuai dengan nukaan tanah (aerial

- kabel fiber optic di atas permukaan tanah (aerial cable) dan kabel fiber optic di bawah tanah (direct burried cable) minimal memenuhi standar ITU-T G652D atau setara, dapat mentransmisikan data digital berskala tinggi dan compatible dengan sistem yang ada serta sesuai dengan desain;
- 3. kabel *leaky coaxial* (LCX) minimal memenuhi standar ITU-T atau setara; dan
- kabel dengan bahan lainnya (selain tembaga) harus sesuai dengan kebutuhan/desain dan sesuai dengan standar yang berlaku.

2.1.2.7 Proteksi

a. Fungsi

sistem proteksi berfungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan petir yang berupa sambaran langsung ataupun tidak langsung/induksi tegangan lebih/tinggi.

b. Jenis

- a. proteksi eksternal berupa batang penangkal petir dan batang pentanahan; dan
- b. proteksi *internal* berupa *arrester*, sekring/fuse, dan/atau pemutus dan batang pentanahan.
- c. Persyaratan Penempatan sistem proteksi diinstalasi pada peralatan di dalam dan/atau diluar ruangan.
- d. Persyaratan Pemasangan
 - 1) proteksi *eksternal* berupa batang penangkal/penangkap petir dipasang:
 - a) batang penangkal petir dipasang tegak lurus di atas bangunan/ towerpada bagian tertinggi;

- b) sudut perlindungan terhadap seluruh bagian bangunan minimal 45° atau sesuai dengan desain;
- c) batang penangkal petir harus terhubung dengan instalasi grounding minimal menggunakan kabel tembaga BC 50 mm2 melalui grounding bar di luar ruangan atau sesuai dengan desain; dan

d) dapat dilengkapi dengan lightning counter.

 proteksi internal berupa arrester, sekering/fuse dan/atau pemutus dipasang:

a) di dalam panel/rak; dan

- b) harus terhubung dengan sistem pentanahan melalui grounding bar di dalam ruangan.
- 3) pentanahan berupa batang pentanahan dipasang:
 - a) peralatan pentanahan ditanam di dalam tanah dengan telah mempertimbangkan bahaya pencurian/vandalisme;
 - b) peralatan pentanahan dihubungkan dengan grounding bar di luar ruangan minimal menggunakan kabel tembaga BC 50 mm2 atau sesuai dengan desain;
 - c) grounding bar di dalam ruangan dihubungkan dengan grounding bar di luar ruangan minimal menggunakan kabel tembaga BC 50 mm2 atau sesuai dengan desain; dan
 - d) grounding bar di luar ruangan dipasang di dalam bak kontrol.

e. Persyaratan Teknis

- 1) Persyaratan Operasi
 - a) arus atau tegangan lebih yang disalurkan ke bumi harus melalui media sependek mungkin;
 - b) sistem proteksi yang dipasang harus memiliki keandalan yang tinggi mampu menyalurkan arus petir tinggi tanpa terjadi kerusakan dan tahan korosi:
 - c) sistem proteksi harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dilakukan pemeriksaan, perawatan dan pengujian pada sistem proteksi petir tersebut secara periodik;
 - d) penyambungan penghantar yang digunakan harus dari bahan yang sama, dengan klem yang kuat dan tahanan kontak yang sekecil mungkin dan mampu dilewati arus petir tanpa terjadi pelelehan;
 - e) sistem grounding yang terintegrasi diimplementasikan sedemikian rupa sehingga arus petir cepat terdisipasi tanpa menimbulkan kenaikan tegangan yang membahayakan peralatan dan personil;
 - f) nilai pentanahan maksimum 1 Ω atau sesuai dengan desain; dan
 - g) peralatan pentanahan dapat berupa grounding rod, grounding plate atau sangkar faraday atau sesuai dengan desain.

2) Persyaratan Material

- a) proteksi eksternal (penyalur arus petir ke tanah)
 - panjang terminal udara minimal 60 cm atau sesuai dengan desain;
 - (2) terminal udara terbuat dari material/bahan minimal tembaga atau sesuai dengan desain;
 - (3) kabel penghantar dengan luas penampang

minimal BC 50 mm2 atau sesuai dengan desain; dan

(4) klem kabel terbuat dari material/bahan minimal kuningan atau sesuaidengan desain.

b) proteksi internal

(1) proteksi internal berupa arrester

(a) jumlah phase : 1 phase atau 3 phase

(b) proteksi listrik : 3LN (L-G, N-G) 3 phase, 4 pole;

(c) tegangan/rate voltage : sesuai tegangan sistem;

(d) kapasitas discharge : minimal 20 kA atau sesuai dengan desain;

(e) waktu discharge :minimal 8/20 μs atau sesuaidengan desain;

(f) dilengkapi dengan indikator kerusakan dan counter; atau

(g) sesuai desain dan standar yang berlaku.

(2) proteksi internal berupa trafo isolasi

- (a) rasio kumparan primer dan sekunder 1 banding 1 (1:1); dan
- (b) tegangan sesuai tegangan kerja peralatan.
- (3) pentanahan minimal memenuhi persyaratan komponen/material sebagai berikut:
 - (a) diameter ground rod minimal 16 mm;
 - (b) panjang ground rod minimal 150 cm; dan
 - (c) material/bahan ground rod tembaga atau setara.

2.2. Peralatan Pada Sarana Perkeretaapian

2.2.1. Antena

2.2.1.1. Fungsi

mengubah gelombang listrik menjadi gelombang elektromagnetik (transmitter) atau sebaliknya yaitu mengubah gelombang elektromagnetik menjadi gelombang listrik (receiver).

2.2.1.2. Jenis

- a. dipole;
- b. monopole-, atau
- c. jenis/tipe lainnya.
- 2.2.1.3. Persyaratan Penempatan

ditempatkan pada sarana kereta api kecepatan tinggi.

2.2.1.4. Persyaratan Pemasangan

antena harus dipasang pada posisi yang mampu beroperasi sesuai fungsinya dan mampu mengirimkan/menerima sinyal komunikasi.

2.2.1.5. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - mampu melakukan komunikasi dengan;
 - a) sistem kontrol stasiun;
 - b) radio block system; dan
 - c) sistem kontrol pusat; dan
 - mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
- b. Persyaratan Material

sesuai dengan perhitungan/desain dan standar internasional/nasional.

2.2.2. Balise dan/atau Transponder Sarana

2.2.2.1. Fungsi

melakukan komunikasi dengan balise jalur yang dipasang pada jalur kereta api kecepatan tinggi.

2.2.2.2. Persyaratan Penempatan

balise sarana/receiver ditempatkan di bagian bawah sarana.

2.2.2.3. Persyaratan Pemasangan

balise sarana/receiver dipasang kokoh dan mampu melakukan komunikasi dengan balise jalur.

2.2.2.4. Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

- mampu melakukan komunikasi dengan balise jalur; dan
- mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
- b. Persyaratan Material

sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu

2.2.3. Display/Monitor/DMI (Driver Machine Interface)

2.2.3.1. Fungsi

menampilkan informasi terkait otoritas pergerakan kereta api kecepatan tinggi yang dapat mencakup:

- a. kecepatan aktual;
- b. kecepatan target atau referensi;
- c. status signal di depan;
- d. profil kecepatan;
- e. mode operasi kereta; dan
- f. mode level control system.
- 2.2.3.2. Persyaratan Penempatan

Display/monitor/DMI (Driver Machine Interface) ditempatkan pada kabin sarana.

2.2.3.3. Persyaratan Pemasangan

Display/monitor/DMI (Driver Machine Interface) dipasang pada posisi sedemikian rupa mudah dilihat atau diakses oleh masinis atau petugas di sarana.

2.2.3.4. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - mampu menampilkan informasi terkait otoritas pergerakan kereta api kecepatan tinggi; dan
 - mampu melakukan fungsi yang sudah direncanakan.
- b. Persyaratan Material

sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.4. Komputer Onboard

2.2.4.1. Fungsi

mengolah informasi dari balise sarana/receiver, antena atau perangkat lain pada sarana.

2,2,4,2. Persyaratan Penempatan

ditempatkan pada sarana.

2.2.4.3. Persyaratan Pemasangan

dipasang pada lokasi yang aman sedemikian mampu melakukan fungsinya secara optimal dan tahan terhadap getaran.

- 2.2.4.4. Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - mampu mengolah informasi yang diterima oleh semua perangkat disarana; dan
 - 2. bersama dengan balise sarana/receiver,

Display/monitor/DMI (DriverMachine Interface) dan antena membentuk sistem onboard.

 Persyaratan Material sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. PERSYARATAN TEKNIS TANDA

3.1. Tanda Sementara

3.1.1. Fungsi

untuk memberi tanda kepada petugas kereta api kecepatan tinggi pada siang maupun malam hari terkait kondisi-kondisi yang sifatnya sementara.

3.1.2. Jenis

- a. tanda disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. tanda dapat berupa:
 - isyarat kondisi siap;
 - 2. isyarat berjalan hati-hati;
 - 3. isyarat berhenti;
 - 4. isyarat perintah masuk; atau
 - 5. isyarat lain yang diperlukan.
- c. tanda dapat diberikan nomor.

3.1.3. Persyaratan Pemasangan

- a. pemasangan tanda dapat diletakkan di:
 - 1. ruang bebas jalur kereta api kecepatan tinggi;
 - 2. sarana kereta api kecepatan tinggi;
 - 3. stasiun; atau
 - 4. tempat yang telah ditentukan.
- b. pemasangan tanda harus tampak jelas oleh awak sarana atau PPKA atau petugas/tenaga prasarana.

3.1.4. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - 1. siang hari

mudah terlihat oleh PPKA atau awak sarana perkeretaapian atau petugas/ tenaga prasarana.

2. malam hari

dilengkapi dengan bantuan cahaya atau sesuatu yang berpendar, sehingga mudah terlihat oleh PPKA atau awak sarana perkeretaapian atau petugas/tenaga prasarana.

b. Persyaratan Material

sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.2. Tanda Tetap

3.1.2.1. Fungsi

untuk memberi tanda kepada petugas kereta api kecepatan tinggi pada siang maupun malam hari yang sifatnya tetap.

3.1.2.2. Jenis

- a. tanda tetap disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. tanda tetap dapat berupa:
 - 1. diperbolehkan langsir;
 - tidak diperbolehkan langsir;
 - 3. mengikuti arah yang telah ditentukan; atau
 - 4. tanda lain yang diperlukan.
- c. tanda tetap dapat diberikan nomor.

3.1.2.3. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - 1. siang hari

mudah terlihat oleh PPKA atau awak sarana perkeretaapian atau petugas/tenaga prasarana.

2. malam hari

dilengkapi dengan bantuan cahaya atau sesuatu yang berpendar, sehingga mudah terlihat oleh PPKA atau awak sarana perkeretaapian atau petugas/tenaga prasarana. Persyaratan Material sesuai dengan desain dan standar yang berlaku.

4. PERSYARATAN TEKNIS MARKA

4.1 Marka Batas

4.1.1 Fungsi

marka batas berfungsi memberi peringatan atau petunjuk kepada masinis kereta api kecepatan tinggi untuk bertindak sesuai dengan marka yang bersangkutan.

4.1.2 Jenis

- a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. marka dapat berupa:
 - marka batas langsir;
 - 2. marka batas berhenti kereta api;
 - 3. marka batas jaringan listrik;
 - 4. marka lainnya.
- c. marka langsir dapat diberikan nomor.

4.1.3 Persyaratan Penempatan

- a. marka batas langsir diletakkan di sebelah kiri jalur kereta api kecepatan tinggi;
- b. marka batas berhenti kereta api kecepatan tinggi dipasang di sebelah kanan rel di dekat peron;
- c. marka batas listrik aliran atas dapat ditempatkan di tiang listrik aliran atas; dan

4.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. marka batas langsir
 - untuk jalur tunggal, dipasangkan pada jarak 50 m di belakang sinyal masuk;
 - untuk jalur ganda dipasang pada jarak 50 m di belakang sinyal masuk jalur kiri; atau
 - 3. sesuai dengan desain dan stardar yang berlaku.
- b. marka batas berhenti kereta api kecepatan tinggi

dipasang di depan, dengan jarak 50 m dari sinyal berangkat atau sesuai dengan desain;

 c. marka batas jaringan listrik dipasang di lokasi jalur tempat berakhirnya jaringan listrik,

4.1.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - marka batas langsir dapat memberi informasi Yang jelas kepada masinis yang langsir;
 - marka batas berhenti kereta api kecepatan tinggi dapat memberi informasi yang jelas kepada masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang dan akan berhenti;
 - marka batas listrik aliran atas memberi informasi kepada kereta api listrik terkait batas operasi kereta api listrik.

b. Persyaratan Material

- 1. marka batas langsir
 - a) harus dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
 - b) sesuai dengan desain dan standar yang berlaku.
- marka batas berhenti kereta api kecepatan tinggi
 - a) harus dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
 - b) sesuai dengan desain dan internasional/nasional.
- marka batas listrik aliran atas
 - a) harus dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
 - b) sesuai dengan desain dan internasional/nasional.

4.2 Marka Sinyal

4.2.1 Fungsi

marka sinyal berfungsi memberi peringatan atau petunjuk kepada masinis kereta api kecepatan tinggi terkait dengan sinyal yang dihadapinya.

4.2.2 Jenis

- a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. marka dapat berupa:
 - 1. marka sinyal muka;
 - 2. marka sinyal blok; dan
 - 3. marka sinyal lainnya.
- c. marka sinyal dapat diberikan nomor.

4.2.3 Persyaratan Penempatan

- a. untuk marka sinyal muka dan sinyal blok terletak menjadi satu dengan tiangsinyal muka dan/atau tiang sinyal blok; dan
- b. untuk marka sinyal muka berjalan jalur kiri berdiri sendiri terletak sebelum sinyal masuk berjalan jalur kiri.

4.2.4 Persyaratan Pemasangan

- a. untuk marka sinyal muka dan sinyal blok dipasang dibagian bawah lampu sinyal yang bersangkutan dengan struktur yang kokoh; dan
- untuk marka sinyal muka berjalan jalur kiri dipasang pada tiang tersendiri dengan struktur yang kokoh.
- 4.2.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - marka sinyal muka dapat memberi tanda terhadap masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekat bahwa sinyal yang dihadapi adalah sinyal muka;
 - marka sinyal blok dapat memberi tanda terhadap masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekat bahwa sinyal yang dihadapi adalah sinyal blok.
 - b. Persyaratan Material

1.marka sinyal muka

- harus dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
- b) cat terbuat dari bahan pendar cahaya; atau
- c) sesuai dengan desain dan standar internasional/nasional.

2.marka sinyal blok

- harus dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
- b) cat terbuat dari bahan pendar cahaya; atau
- c) sesuai dengan desain dan standar internasional/nasional.

4.3 Marka Kelandaian

4.3.1 Fungsi

marka kelandaian berfungsi memberi tanda kepada masinis bahwa bagian jalan rel yang akan dilaluinya mempunyai kelandaian tertentu.

- 4.3.2 Jenis
 - a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi;
 - b. marka kelandaian dapat diberikan nomor.

4.3.3 Persyaratan Penempatan

marka kelandaian harus ditempatkan di sebelah kanan jalan rel atau sesuai dengan desain dan standar.

4.3.4 Persyaratan Pemasangan

Marka kelandaian dipasang pada titik awal dan titik akhir kelandaian jalan rel di luar ruang bebas atau sesuai dengan desain dan standar.

- 4.3.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

dapat memberikan tanda dengan jelas kepada masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekat tentang lereng/ kelandaian jalur kereta api yang akan dilalui.

b. Persyaratan Material

 dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;

- bentuk disesuaikan dengan gambar, bidang/ tebeng di sebelah kiri patak menunjukkan lereng awal dicat hitam tanpa angka, bidang di sebelah kanan patak menunjukkan lereng tujuan dicat putih, dengan angka kelandaian dicat dengan warna hitam atau sesuai dengan desain dan standar;
- marka kelandaian dibuat dengan tebeng kanan/kiri sesuai dengan desain dan standar; dan
- 4. cat terbuat dari bahan pendar cahaya.

4,4 Marka Lengkung

4.4.1 Fungsi

Marka lengkung berfungsi memberi tanda kepada masinis bahwa bagian jalan rel yang akan dilaluinya mempunyai lengkung dengan radius tertentu.

4.4.2 Jenis

- a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi;
- b. marka lengkung dapat diberikan nomor.
- 4.4.3 Persyaratan Penempatan

Marka lengkung harus ditempatkan di sebelah kanan jalan rel atau sesuai dengan desain dan standar.

4.4.4 Persyaratan Pemasangan

Marka lengkung dipasang pada titik awal dan akhir lengkung, di luar ruang bebas dengan sudut kemiringan 600 dari as rel ke arah luar atau sesuai dengan desain dan standar.

- 4.4.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

dapat memberikan tanda dengan jelas kepada masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekat tentang lengkung jalur kereta api kecepatan tinggi yang akan dilalui.

b. Persyaratan Material

- dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca; dan
- bentuk marka lengkung sesuai dengan desain dan standar.

Marka Kilometer

4.5.1 Fungsi

4.5

marka kilometer berfungsi memberi peringatan atau petunjuk kepada masinis atau awak sarana atau petugas prasarana atau petugas pengatur/pengendali bahwa bagian jalan rel yang dilaluinya berada pada kilometer sebagaimana yang ditunjukan Oleh marka kilometer.

4.5.2 Jenis

- a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
- b. marka kilometer dapat diberikan nomor.
- 4.5.3 Persyaratan Penempatan

marka kilometer terletak di sebelah kanan/kiri jalan rel atau jalur kereta api kecepatan tinggi.

4.5.4 Persyaratan Pemasangan

marka dipasang pada setiap 100 m pada ruang bebas dengan struktur yang kokoh atau sesuai dengan desain dan standar.

- 4.5.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

dapat memberikan peringatan atau petunjuk dengan jelas mengenai posisi bagian jalan rel sebagaimana yang ditunjukan Oleh marka kilometer.

- b. Persyaratan Material
 - harus dibuat dari bahan beton bertulang atau sesuai dengan desain dan standar.
 - angka kilometer ditulis dengan posisi angka ratusan di atas dan angka kilometer di bawah atau sesuai dengan desain dan standar.
- Marka Identitas Penggerak Wesel
- 4.6.1 Fungsi

4.6

marka nomor wesel listrik berfungsi memberitahukan tentang nomor wesel, Yang bersangkutan.

- 4.6.2 Jenis
 - a. marka disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) perjalanan kereta api kecepatan tinggi.
 - b. marka letak sinyal dapat di berikan nomor.
- 4.6.3 Persyaratan Penempatan

Marka nomor wesel listrik terletak pada bantalan motor wesel.

4.6.4 Persyaratan Pemasangan

Marka dipasang pada bantalan motor wesel pada kedua sisi.

- 4.6.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

Dapat terlihat dengan jelas.

- b. Persyaratan Material
 - dibuat dari bahan anti karat yang tahan terhadap perubahan cuaca;
 - dari bahan yang memantulkan cahaya atau sesuai dengan desain dan standar.

4. PERSYARATAN TEKNIS PERALATAN TELEKOMUNIKASI KERETA API KECEPATAN TINGGI

- PERALATAN TELEKOMUNIKASI KERETA API KECEPATAN TINGGI
- 1.1 Peralatan Telekomunikasi Kereta api kecepatan tinggi Peralatan telekomunikasi berfungsi untuk menyampaikan informasi dan/atau berkomunikasi bagi kepentingan pengoperasian kereta api kecepatan tinggi. Peralatan telekomunikasi dapat berupa;
 - a. Sistem komunikasi suara; dan
 - b. Sistem komunikasi data.

Peralatan telekomunikasi meliputi komponen:

- a. Pesawat telepon;
- b. Layer tampilan;
- c. Perekam suara atau perekam data;
- d. Transmisi;
- e. Catu daya;
- f. Proteksi; dan
- g. Penunjuk waktu.
- 1.2 Persyaratan Penempatan
 - a. Menjamin peralatan telekomunikasi ditempatkan di lokasi yangsesuai berdasarkan ketentuan yang ditetapkan.
 - b. Menjamin peralatan telekomunikasi ditempatkan di lokasi yangtepat, sehingga dapat berfungsi secara optimal dalam menunjang operasionalisasi sistem kereta api kecepatan tinggi dan tidak mengganggu prasarana ataupun fasilitas publik.
- 1.3 Persyaratan Pemasangan
 - a. Menjamin peralatan telekomunikasi dipasang secara tepat, baik ditinjau dari cara pemasangan, tempat pemasangan maupun hal lainnya sehingga peralatan dapat berfungsi secara optimal dan pengoperasian sarana kereta api kecepatan tinggi dapat dilakukan dengan aman dan selamat.
 - b. Menjamin pemasangan peralatan telekomunikasi ditempatkan di ruang yang bebas dari segala rintangan dan benda penghalang baik dikiri, kanan, atas, dan bawah.
- 1.4 Persyaratan Teknis
 - a. Menjamin masing-masing komponen peralatan telekomunikasi dapat berfungsi secara andal dalam kurun waktu sesuai umur teknisnya, sehingga pengoperasian kereta api kecepatan tinggi dapat dilakukan secara aman, selamat, nyaman dan berkesinambungan.
 - b. Menjamin seluruh sistem peralatan telekomunikasi dapat berfungsi dengan baik dalam menunjang pengoperasian kereta api kecepatan tinggi, sehingga dapat diperoleh sistem kereta api kecepatan tinggi yang aman, selamat, nyaman dan berkesinambungan.
- PERSYARATAN TEKNIS SISTEM TELEKOMUNIKASI
- 2.1 Sistem Komunikasi Suara
- 2.1.1 Komunikasi Untuk Operasi Kereta api kecepatan tinggi
 - 2.1.1.1. Fungsi

Komunikasi untuk operasi kereta api kecepatan tinggi berfungsi untuk menginformasikan warta kereta api kecepatan tinggi yang berkaitan dengan pengoperasian kereta api kecepatan tinggi.

2.1.1.2. Jenis

Komunikasi untuk operasi kereta api kecepatan tinggi minimal digunakan untuk:

- Komunikasi langsung antar stasiun;
- b. Komunikasi train dispatching; dan
- Komunikasi langsiran.
- 2.1.1.3. Persayaratan Penempatan
 - Komunikasi langsung antar stasiun ditempatkan di ruangan PPKA.
 - b. Komunikasi train dispatching dapat berupa:
 - 1. Pesawat console terletak di ruang Pusat Kendali (PK);
 - 2. Pesawat cabang stasiun terletak di ruangan PPKA;
 - 3. Pesawat cabang di kabin masinis;
 - 4. Base station terletak di ruang peralatan;
 - Menara terletak bersebelahan dengan ruang peralatan;
 dan
 - 6. Antena terletak di menara.
 - c. Komunikasi langsiran kereta api kecepatan tinggi ditempatkan di ruangan Pusat Kendali (PK), ruangan PPKA atau depo/balai yasa.
- 2.1.1.4. Persyaratan Pemasangan
 - Komunikasi langsung antar stasiun dipasang di meja PPKA yang mudah dijangkau dan dengan struktur yang kokoh.
 - b. Komunikasi *train dispatching* dipasang di tempat yang mudah dijangkau dan dengan struktur yang kokoh.
 - c. Komunikasi langsiran dipasang di tempat yang mudah dijangkau dan dengan struktur yang kokoh.
- 2.1.1.5. Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - Komunikasi langsung antar stasiun memenuhi persyaratan sistem operasi meliputi:
 - a) Harus dapat memanggil dan dipanggil;
 - b) Dapat berkomunikasi dua arah;
 - c) Dilengkapi fasilitas seleksi untuk memilih panggilan;
 - d) Informasi yang diterima harus bersih dan jelas;
 - e) Setiap pembicaraan harus direkam;
 - f) Dilengkapi indikator pengatur kekerasan suara; dan
 - g) Dilengkapi dengan sistem proteksi.
 - 2. Komunikasi *train dispatching* yang berupa *console* memenuhi persyaratan operasi meliputi:
 - a) Harus dapat memanggil dan dipanggil;
 - b) Dapat berkomunikasi dua arah;
 - c) Informasi yang diterima harus bersih dan jelas;
 - d) Dilengkapi dengan fasilitas panggilan darurat;
 - e) Setiap pembicaraan harus direkam;
 - Dilengkapi dengan sistem proteksi;
 - g) Dapat berkomunikasi secara suara dan data;
 - h) Panel/meja pelayanan minimal harus dilengkapi dengan:
 - Layar monitor untuk menampilkan panggilan dari stasiun atau kabin kereta sesuai urutan penggilan;
 - 2) Keypad/mouse/trackball;
 - 3) Eksternal speaker,
 - 4) Microphone dan/atau hand/headset,
 - Penunjuk waktu yang tersinkronisasi dengan jam induk; dan
 - lampu indikator status minimal untuk indikator panggilan masuk, darurat dan gangguan;
 - i) Harus dilengkapi dengan panggilan selektif untuk memanggil pesawat cabang stasiun (WS) dan kabin kereta; dan

Dilengkapi sistem proteksi.

3. Komunikasi train dispatching yang berupa pesawat cabang stasiun (radio way station) memenuhi persyaratan operasi meliputi:

a) Memanggil dan dipanggil ke/dari PK;

- b) Dapat melakukan panggilan darurat dan panggilan normal;
- c) Dapat berkomunikasi dua arah;

d) Memiliki penunjuk waktu;

- e) Hubungan dengan masinis lewat PK (tidak dapat langsung);
- f) Setiap pembicaraan harus direkam; dan

g) Dilengkapi dengan sistem proteksi.

- Komunikasi train dispatching yang berupa pesawat cabang kabin kereta memenuhi persyaratan operasi meliputi:
 - a) Tombol memanggil dan dipanggil ke/dari PK;

b) Dapat berkomunikasi dua arah;

- c) Dapat melakukan panggilan darurat dan panggilan normal;
- d) Penunjuk waktu;
- e) Indikator status;
- Hubungan ke stasiun (radio way station) harus lewat PK (tidak bisa langsung);

g) Setiap pembicaraan harus direkam;

h) Tahan terhadap goncangan yang terus menerus; dan

Dilengkapi dengan sistem proteksi.

- Komunikasi langsiran memenuhi persyaratan sistem operasi meliputi :
 - a) Harus dapat memanggil dan/atau dipanggil;

b) Dapat berkomunikasi dua arah;

c) Informasi yang diterima harus bersih dan jelas;

d) Setiap pembicaraan harus direkam;

- e) Dilengkapi indikator dan pengatur kekerasan suara;
 dan
- f) Dilengkapi dengan sistem proteksi.

b. Persyaratan Material

 Komunikasi langsung antar stasiun memenuhi persyaratan material meliputi:

a) Ringing bell minimal 65 dB pada jarak 0,5 m;

- Faktor distorsi maksimal 10 % pada sinyal input power 5 mWatt, dengan frekuensi 1000 Hz;
- c) Tahan temperatur minimal 0-45°C dan kelembaban maksimum 95 %;
- d) Dilengkapi arrester dan pentanahan ≤ 1 Ω; dan

e) Sistem antar muka universal standard.

2. Komunikasi train dispatching yang berupa console memenuhi persyaratan material meliputi:

a) Layar monitor: minimal 19 Inch;

- Penunjuk waktu yang tersinkronisasi dengan jam induk;
- c) Pentanahan : ≤ 1 Ω; dan
 - d) Sistem antar muka: universal standard.
- 3. Telepon train dispatching yang berupa pesawat cabang stasiun (radio way station) minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Tegangan input: DC sesuai spesifikasi pabrikasi;
 - b) Frekuensi: penggunaan frekuensi harus sesuai

dengan izin yang diberikan dari pihak yang berwenang;

- c) Antena: sesuai dengan desain; dan
- d) Sistem antar muka: universal standard.
- Komunikasi train dispatching yang berupa pesawat cabang kabin kereta memenuhi persyaratan material meliputi:
 - a) Tegangan input: DC sesuai spesifikasi pabrikasi;
 - Frekuensi: penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin yang diberikan dari pihak yang berwenang;
 - c) Antena: sesuai dengan desain; dan
 - d) Sistem antar muka: universal standard.
- Komunikasi train dispatching yang berupa base station memenuhi persyaratan material meliputi:
 - Tegangan input: sesuai perhitungan kebutuhan power;
 - b) Antena: sesuai dengan desain;
 - c) Power supply: sesuai pabrikan (tidak memakai DC DC Converter); dan
 - d) Sistem antar muka: universal standard.
- 6. Komunikasi *train dispatching* yang berupa tower memenuhi persyaratan material meliputi:
 - a) Harus tahan terhadap kecepatan angin minimal 120 km/jam;
 - b) Susunan tower menggunakan sistem knock down;
 - e) Dilengkapi dengan tangga dan pengaman;
 - d) Dilengkapi lampu indikator berwarna merah diatas tower; dan
 - e) Dilengkapi penangkal petir dan tahanan tanah maksimum 1 Ω.
- Komunikasi langsiran minimal memenuhi persyaratan material power transmission, antena dan power supply sesuai dengan perhitungan; atau
- Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu vang berlaku.

2.1.2 Komunikasi Pemeriksaan dan Perawatan

2.1.2.1. Fungsi

Komunikasi pemeriksaan dan perawatan berfungsi untuk mengatur kegiatan pemeriksaan dan perawatan sarana maupun prasarana perkeretaapian.

2.1.2.2. Jenis

Komunikasi pemeriksaan dan perawatan berupa pesawat komunikasi dua arah.

2.1.2.3. Persyaratan Penempatan

Komunikasi pemeriksaan dan perawatan ditempatkan di stasiun, depo/balai yasa atau tempat tertentu dan/atau bergerak untuk kegiatan pemeriksaan dan perawatan.

- 2.1.2.4. Persyaratan Pemasangan
 - a Dipasang di meja Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA) atau Pusat Kendali (PK) berdekatan dengan pesawat telepon untuk komunikasi operasi kereta api kecepatan tinggi;
 - b. Dipasang di dalam depo/balai yasa; atau
 - c. Dibawa oleh petugas perawatan dan pemeriksaan (bergerak).

2.1.2.5. Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

Komunikasi pemeriksaan dan perawatan minimal memenuhi persyaratan operasi sebagai berikut:

Dapat berkomunikasi dua arah;

2. Mengakomodir panggilan serempak (broadcast) dan panggilan selektif;dan

3. Dilengkapi dengan sistem proteksi.

b. Persyaratan Material

Komunikasi pemeriksaan dan perawatan minimal memenuhi persyaratan material power transmission, antena dan power supply sesuai dengan perhitungan.

2.2 Sistem Komunikasi Data

2.2.1 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA):

a. Fungsi

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) yang digunakan untuk pengawasan dan pengendalian peralatan telekomunikasi kereta api kecepatan tinggi.

b. Jenis

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) meliputi:

1) Remote Terminal Unit (RTU).

2) Regional Remote Supervisory (RRS).

- 3) Centralized Remote Supervisory (CRS); dan
- 4) Network Management System (NMS)

c. Persyaratan Penempatan

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) terletak di:

- Dalam bangunan dan menyatu dengan pusat kendali kereta api kecepatan tinggi; dan
- 2) Tidak jauh dari jalur kereta api kecepatan tinggi.

d. Persyaratan Pemasangan

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) dipasang:

- 1) RTU dipasang di dalam ruangan base station;
- 2) RRS dipasang di dalam ruangan telekomunikasi regional;
- CRS dipasang di dalam ruangan telekomunikasi terpusat;
 dan
- 4) NMS dipasang di dalam ruangan telekomunikasi terpusat.

e. Persyaratan Teknis

1) Persyaratan Operasional

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) memenuhi persyaratan operasi meliputi:

- a) Harus dapat menerima, mengirim dan mengolah data informasi;
- Harus dapat menginformasikan semua gangguan yang terjadi padaperalatan telekomunikasinya yang di bawah kendalinya;
- c) Harus dapat mengendalikan peralatan telekomunikasi yang berada dibawah kendalinya;
- d) Harus dapat menyimpan data real time dan data historikal dalam bentuk file;
- e) Harus dapat menampilkan pesan dalam bahasa yang jelas;

f) Harus dilengkapi alat perekam (data logger);

- g) Harus tersedia tegangan suplai yang kontinu dan back up baterai minimal selama 2 jam; dan
- h) Dilengkapi dengan sistem redundant.

2) Persyaratan Material

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) memenuhi persyaratan material meliputi:

- a) Menggunakan server dengan standar industri;
- b) Menggunakan logger berbasis digital;
- c) Software aplikasi dilindungi dengan sistem keamanan akses bertingkat; atau
- d) Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu

yang berlaku.

2.2.2 Kamera Pemantau (Video Surveillance).

2.2.2.1. Fungsi

Kamera pemantau berfungsi untuk melakukan pengawasan umum di stasiun,depo, atau lokasi tertentu.

2.2.2.2. Jenis

Kamera pemantau terdiri atas:

- a. Centralized CCTV Workstation di pusat pengendali;
- b. Local CCTV Workstation di stasiun;
- Network video recorder (NVR) secara lokal terdapat di setiap stasiun;
- d. Fixed camera;
- e. PTZ camera; dan
- f. PoE network switch.

2.2.2.3. Persyaratan Penempatan

Kamera pemantau minimal terletak di:

- a. Ruang pusat pengendali;
- b. Stasiun; dan
- c. Lokasi tertentu.

2.2.2.4. Persyaratan Pemasangan

- a. Kamera pemantau harus menyediakan informasi visual yang ditampilkan dalam display untuk melakukan pengawasan umum di Pusat Kendali (PK), stasiun dan di area depo, fasilitas video control dan monitoring harus disediakan secara lokal di stasiun serta di Pusat Kendali (PK), fixed camera atau PTZ camera harus digunakan untuk memastikan cakupan pengawasan;
- b. Kamera pemantau harus disediakan di control room stasiun dan Pusat Kendali (PK), semua data kamera harus direkam dan operator harus mampu mengambil setiap gambar kamera karena adanya suatu penyelidikan berikutnya jika diperlukan. Sistem perekam digital akan menyediakan penyimpanan yang cukup untuk semua rekaman kamera untuk jangka waktu 15 hari atau lebih pada 25 fps;
- c. Jalur data kamera pemantau terhubung dengan Communication Backbone Network (CBN); dan
- d. Penempatan kamera pemantau harus bebas dari halangan pandangan.

2.2.2.5. Persyaratan Teknis

Kamera pemantau harus berbasis open Standard dengan arsitektur jaringan IP dan beroperasi pada *Power over Ethernet* (PoE) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu pada standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.3 Informasi Penumpang (Passenger Information).

2.2.3.1. Fungsi

Informasi penumpang berfungsi untuk menyampaikan informasi berupa suara, data dan/atau gambar kepada penumpang kereta api kecepatan tinggi.

2.2.3.2. Jenis

informasi penumpang dapat berupa:

- a. Papan informasi;
- b. Passenger Information Display (PIDS), meliputi:
 - 1. Pusat pengendali PIDS; dan
 - 2. Layar monitor.

2.2.3.3. Persyaratan Penempatan

- a. Papan informasi minimal terletak di:
 - 1. Ruang tunggu penumpang;
 - Ruang penjualan karcis; dan

3. Peron.

 Passenger Information Display System (PIDS) yang berupa pusat pengendali PIDS diletakkan pada ruang pengawas

peron/PPKA/ruangan khusus; dan

c. Passenger Information Display System (PIDS) yang berupa layar monitor diletakkan pada ruang penjualan tiket, ruang kedatangan/keberangkatan, peron dan di ruang lain yang memerlukan informasi dan mudah dilihat.

2.2.3.4. Persyaratan Pemasangan

- Informasi penumpang yang berupa public address harus dipasang:
 - Amplifier terletak di atas meja di ruang PPKA atau di ruang pengawas peron;

Pengeras suara dipasang dengan struktur yang kokoh; dan

- Pengkabelan jika ada harus rapi dan diusahakan tidak terlihat.
- Papan informasi dipasang dengan struktur yang kokoh dan dengan ukuran disesuaikan dengan lokasi peletakan.
- c. Passenger Information Display System (PIDS) harus dipasang:
 - Pusat kendali PIDS dipasang dalam suatu rak khusus;
 - Layar/monitor PIDS dipasang dengan struktur yang kokoh; dan
 - Pengkabelan jika ada harus rapi dan diusahakan tidak terlihat.

2.2.3.5. Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - 1. Papan informasi memenuhi persyaratan operasi meliputi:
 - a) Harus memuat jadwal perjalanan kereta api kecepatan tinggi dan informasi waktu; dan
 - b) Informasi harus terlihat dengan jelas dan terbaca pada jarak tertentu dengan jarak pandangan normal.
 - Passenger Information Display System (PIDS) memenuhi persyaratan sistem/operasi meliputi:
 - Harus dapat memberikan informasi visual kepada penumpang tentang jadwal kereta api kecepatan tinggi dan informasi lainnya; dan
 - Informasi harus terlihat dengan jelas dan terbaca pada jarak tertentu dengan jarak pandangan normal.
- b. Persyaratan Material

Passenger Information Display System (PIDS) memenuhi persyaratan material meliputi :

- Pusat kendali PIDS menggunakan industrial komputer;
- Display di peron dapat berupa:
 - a) Monitor LCD minimal 32 inch;
 - b) LED matriks; dan
- Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu yang berlaku.

3. PERSYARATAN TEKNIS KOMPONEN TELEKOMUNIKASI PERKERETAAPIAN

3.1 Pesawat Telepon

3.1.1 Fungsi

Pesawat telepon untuk komunikasi operasi kereta api kecepatan tinggi berfungsi untuk menginformasikan warta kereta api kecepatan tinggi yang berkaitan dengan pengoperasian kereta api kecepatan tinggi.

3.1.2 Jenis

Pesawat telepon untuk komunikasi operasi kereta api kecepatan tinggi dapat berupa analog atau digital.

3.1.3 Persyaratan Penempatan

Pesawat telepon dapat ditempatkan di ruang PPKA/PK atau tempat tertentu.

3.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. Pesawat telepon untuk telepon langsung antar stasiun dipasang di meja PPKA, mudah dijangkau dan dengan struktur yang kokoh.
- b. Pesawat telepon untuk telepon langsung antara stasiun dengan pusat kendali dipasang di meja PK, mudah dijangkau dan dengan struktur yang kokoh.
- 3.1.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - 1. Harus dapat memanggil dan/atau dipanggil;
 - 2. Dapat berkomunikasi dua arah;
 - 3. Informasi yang diterima harus bersih dan jelas;
 - 4. Setiap pembicaraan harus direkam; dan
 - 5. Dilengkapi dengan sistem proteksi.
 - b. Persyaratan Material
 - 1. Ringing bell minimal 65 dB pada jarak 0,5 m;
 - Faktor distorsi maksimal 10 % pada sinyal input power 5 mWatt, dengan frekuensi 1000 Hz;
 - Tahan temperature minimal 0 45° C dan kelembahan maksimum 95 %;
 - 4. Dilengkapi arrester dan pentanahan $< 1 \Omega$;
 - 5. Sistem antar muka universal standard; atau
 - Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu yang berlaku.

3.2 Layar Tampilan

3.2.1 Fungsi

Untuk menampilkan informasi sesuai dengan kebutuhan.

3.2.2 Jenis

Layar tampilan minimal dapat berupa LCD, LED atau proyektor.

3.2.3 Persyaratan Penempatan

Layar tampilan diletakkan pada tempat-tempat yang dibutuhkan.

3.2.4 Persyaratan Pemasangan

- Bagian depan dan belakang disediakan ruang untuk memudahkan perawatan;
- Harus dipenuhi sirkulasi udara untuk pembuangan panas yang timbul; dan
- c. Layar tampilan dipasang dengan struktur yang kokoh.

3.2.5 Persyaratan Teknis

Ukuran dan bentuk layar tampilan sesuai dengan desain kebutuhan sehingga dapat menampilkan informasi dengan jelas.

3,3 Perekam suara atau perekam data.

3.3.1 Fungsi

Perekam suara berfungsi untuk merekam semua pembicaraan melalui peralatan komunikasi terkait dengan operasi dan langsiran kereta api kecepatan tinggi.

3.3.2 Jenis

Perekam suara menggunakan media penyimpanan digital.

3.3.3 Persyaratan Penempatan

Perekam suara diletakkan di dalam ruangan peralatan dan/ atau di ruangan PPKA.

3.3.4 Persyaratan Pemasangan

- a. Perekam suara dipasang di dalam rak lemari peralatan; dan
- b. Peralatan dan rak peralatan terhubung dengan pentanahan.
- 3.3.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

Perekam suara minimal memenuhi persyaratan operasi sebagai berikut:

- Semua pembicaraan lewat telepon untuk operasi dan langsiran kereta api kecepatan tinggi harus terekam secara otomatis;
- Media penyimpanan berbasis digital, rekaman terdahulu akan terhapus secara otomatis apabila kapasitas media penyimpanan telah penuh;

 Apabila media penyimpanan rusak atau perekam terganggu harus ada indikator alarm;

- Alat perekam harus dilengkapi dengan penunjuk waktu yang tersinkronisasi dengan waktu terpusat; dan
- Waktu start dan stop rekaman harus tercatat pada alat perekam dan apabila diputar ulang waktu setiap pembicaraan harus dapat ditampilkan pada monitor.
- b. Persyaratan Material

Perekam suara minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:

- 1. Frequency response: ± 3 dB pada 300 ~ 3000 Hz;
- 2. Distortion factor: maksimum 5%; dan
- 3. Tahanan isolasi antara terminal dengan rangka minimum $5 \text{ M}\Omega$.

3.4 Transmisi

3.4.1 Fungsi

Transmisi berfungsi untuk menghantarkan informasi berupa suara dan data

3.4.2 Jenis

- a. Transmisi yang menggunakan media kabel dapat berupa:
 - 1. Kabel metal atau logam;
 - 2. Kabel serat optik; dan
 - 3. Kabel koaksial.
- b. Transmisi yang menggunakan media frekuensi radio dapat berupa:
 - 1. Radio point to point;
 - 2. Radio trunking;
 - GSM-R;
 - 4. LTE-R;
 - 5. Radio berbasis 5G;
 - 6. WLAN/Wifi; dan
 - 7. Komunikasi satelit.
- 3.4.3 Persyaratan Penempatan
 - a. Transmisi yang menggunakan kabel terletak:
 - 1. Di luar ruangan; dan
 - 2. Di dalam ruangan.
 - b. Media kabel terletak:
 - 1. Sejajar jalan rel dan/atau jalan raya; dan
 - 2. Memotong jalan rel dan/atau jalan raya.
 - c. Media kabel yang berada di dalam ruangan terletak:
 - 1. Di dalam bangunan; atau
 - 2. Di dalam terowongan.
 - d. Media kabel yang sejajar jalan rel terletak:

1. Di bawah tanah; atau

Di atas permukaan tanah (udara).

 Kabel memotong jalan rel terletak di bawah tanah atau di atas jalan rel;

f. Radio point to point terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan hasil perhitungan teknis;

- g. Radio trunking terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuaidengan hasil perhitungan teknis;
- GSM-R terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuaidengan hasil perhitungan teknis;
- LTE-R terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan hasil perhitungan teknis;
- Radio berbasis 5G terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan hasil perhitungan teknis;
- k. WLAN/Wifi terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan hasil perhitungan teknis; dan
- Komunikasi Satelit terletak pada daerah operasi kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan hasil perhitungan teknis.

3.4.4 Persyaratan Pemasangan

- a. Kabel yang berada di luar ruangan sejajar jalan rel di bawah tanah dipasang:
 - Dengan kedalaman minimal 1.0 m dari permukaan tanah (subgrade);
 - 2. Jarak dari as rel terluar minimal 2.5 m;
 - Dilengkapi dengan pelindung minimal berupa rubber sheet; dan
 - Dilengkapi dengan patok rute kabel dengan jarak minimal setiap 50 m.
- b. Kabel yang berada diluar ruangan sejajar jalan rel di atas permukaan tanah (udara) dipasang:
 - Menggunakan tiang dengan ketinggian kabel minimal
 4.5 m dari permukaan tanah;
 - 2. Jarak dari as rel terluar ke pinggir tiang minimal 2.5 m;
 - Jarak tiang terhadap tiang berikutnya yang sejajar maksimal 50 m; dan
- c. Kabel memotong jalan rel terletak di bawah tanah atau di atas jalan rel dipasang:
 - Dengan kedalaman minimal 1.5 m dari permukaan tanah (subgrade);
 - 2. Menggunakan metode pengeboran dengan mesin;
 - Dilengkapi dengan pipa pelindung minimal HDPE (High Density Polyethylene); dan
 - Untuk pemasangan kabel udara harus memenuhi syarat ruang bebas.
- d. Kabel di dalam ruangan yang berada dalam bangunan dipasang pada jalur kabel/trench dan rak kabel;
- Kabel LCX yang berada di terowongan dipasang di sepanjang sisi kiri atau kanan jalur kereta api kecepatan tinggi;
- f. Frekuensi radio point to point pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis;
- Radio trunking pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis;
- h. GSM-R pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis;
- i. LTE-R pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis;
- j. Radio berbasis 5G pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis;

- k. WLAN/ Wifi pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis; dan
- Komunikasi satelit pemasangannya sesuai hasil perhitungan teknis.
- 3.4.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - Transmisi yang menggunakan kabel minimal memenuhi persyaratan operasi sebagai berikut:
 - Redaman yang ditimbulkan oleh sambungan harus sekecil mungkin;
 - b) Tidak menimbulkan cross talk; dan
 - c) Kualitas suara yang dihasilkan harus jelas dan bersih.
 - Radio point to point minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Saluran pembawa gelombang radio harus dapat menghantarkan sinyal suara dan/ atau data;
 - b) Pancaran gelombang harus line of sight; dan
 - c) Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - 3) Radio trunking minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - 4) GSM-R minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - b) Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - 5) LTE-R minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - b) Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - 6) Radio berbasis 5G minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang
 - 7) WLAN/Wifi minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - 8) Komunikasi satelit minimal persyaratan operasi sebagai berikut:
 - a) Dapat berkomunikasi dua arah; dan
 - Penggunaan frekuensi harus sesuai dengan izin pihak yang berwenang.
 - b. Persyaratan Material
 - Kabel tembaga yang berjenis kabel tanah (direct buried cable) minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Konduktor/inti kawat : tembaga;
 - b) Isolasi inti kawat : minimal Polyethylene (PE);
 - c) Filler: minimal PVC;
 - d) Core wrap: polyester tape;
 - e) Screen: aluminium tape;
 - Inner sheath: minimal PE;
 - g) Armour, galvanized double Steel minimal 0.3 mm;
 - h) Outher sheath: minimal PE; dan
 - i) Ukuran; sesuai perencanaan
 - 2) Kabel tembaga yang berjenis kabel udara (aerial cable)

minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:

- a) Konduktor/inti kawat: tembaga;
- b) Isolasi inti kawat: minimal Polyethylene (PE);
- c) Filler. minimal PVC;
- d) Core wrap: polyester tape;
- e) Screen: aluminium tape;
- f) Inner sheath: minimal PE;
- g) Messenger : zinc-coated Steel wire;
- h) Outher sheath: minimal PE; dan
- i) ukuran : sesuai perencanaan.
- 3) Kabel serat optik yang berjenis kabel tanah (direct buried cable) minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Kabel serat optik menggunakan standar minimal G652D (international standart);
 - b) Inti: doped silica;
 - c) Isolasi inti kawat: minimal Polyethylene (PE);
 - d) Central strength member material: Glasses Reinforce Plastic (CRP);
 - e) Loose tube material: Polybutylene terephthalate (PBT);
 - n Filling compound: jelly;
 - g) Filler: minimal Polyethylene (PE);
 - h) Core wrap: water blocking tape;
 - i) Ripcord material: plastic yam;
 - j) Moisture barrier material: laminated aluminium tape
 - k) Inner sheath: minimal PE;
 - 1) Armour. galvanized double steel
 - m) Outher sheath: tape minimal 0.3 mm;
 - n) Ukuran: sesuai perencanaan;
 - Operation temperature: 10 to 50° C;
 - P) Harus dilengkapi dengan peralatan Optical Line Termination Equipment (OLTE) untuk mengubah dari besaran listrik menjadi cahaya atau sebaliknya; dan
 - q) Dapat menggunakan sistem transmisi digital berskala tinggi.
- 4) Kabel serat optik yang berjenis kabel udara (aerial cable) minimal memenuhi persyaratan komponen/material sebagai berikut:
 - a) Kabel serat optik menggunakan standar minimal G652D (international standart)-,
 - b) Konduktor/inti kawat: doped silica;
 - c) Isolasi inti kawat: minimal Polyethylene (PE);
 - d) Central strength member material: Glasses Reinforce Plastic (GRP);
 - e) Loose tube material: Polybutylene Terephthalate (PBT);
 - Filling compound: jelly;
 - g) Filler: minimal Polyethylene (PE);
 - h) Core wrap: water blocking tape-,
 - i) Ripcord material: plastic yam-,
 - Moisture barrier material: laminated aluminium tape;
 - k) Inner sheath: minimal PE;
 - 1) Outher sheath: minimal PE;
 - m) ukuran: sesuai perencanaan;
 - n) Operation temperature: 10 to 50°C;
 - Messenger: zinc-coated Steel wire;
 - p) Harus dilengkapi dengan peralatan Optical Line Termination Equipment (OLTE) untuk mengubah dari besaran listrik menjadi cahaya atau sebaliknya; dan

d) Dapat menggunakan sistem transmisi digital berskala tinggi.

5) Kabel koaksial minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:

a) Konduktor/inti kawat: tembaga;

- b) Isolasi inti kawat: minimal Polyethylene (PE);
- c) Outer conductor. laminated copper tape(slotted);

d) Self supporting wire: galvanized stell wire;

- e) Outher sheath: minimal PE (flame retardant black)-,
- f) Ukuran: sesuai perencanaan;
- g) Nilai impedance: maksimal 75 Ω;

h) Coupling loss: 50 db - 80 db; dan

- i) Tahan terhadap interferensi medan elektrostatik dan medan elektromagnetik.
- 6) Radio point to point minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin pihak yang berwenang;
 - b) Kapasitas: minimum 4 El Software Programmable;
 - e) tipe modulasi: sesuai dengan standar pabrikan;
 - d) sensitivity receiver: -90dBm, BER 10-6;
 - e) Bit Error Test (BER): <10-6;
 - f) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - g) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.
- 7) Radio trunking minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang dikeluarkan oleh pihak berwenang dan survei;
 - b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - c) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.
- 8) GSM-R minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang dikeluarkan oleh pihak berwenang dan survei;
 - b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - e) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.
- LTE-R minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang dikeluarkan oleh Pihak berwenang dan survei;
 - b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - c) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.
- 10) Radio berbasis 5G minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang dikeluarkan oleh Pihak berwenang dan survei;
 - b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - c) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain
- 11) WLAN/Wifi minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang dikeluarkan oleh pihak berwenang dan survei;
 - b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
 - c) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.
- (2) Komunikasi satelit minimal memenuhi persyaratan material sebagai berikut:
 - a) Frequency range: sesuai dengan izin yang di keluarkan oleh pihak berwenang dan survei;

- b) Antena: sesuai dengan hasil perhitungan desain; dan
- c) Tower: sesuai dengan hasil perhitungan desain.

3.5 Catu Daya

3.5.1 Fungsi

Catu daya berfungsi untuk mensuplai daya secara kontinu untuk peralatan telekomunikasi dalam dan luar ruangan.

3.5.2 Jenis

- a. Catu daya utama;
- b. Catu daya darurat; dan
- c. Catu daya cadangan.

3.5.3 Persyaratan Penempatan

Catu daya utama, darurat dan cadangan terletak di ruang peralatan pada ruangan khusus yang terpisah-pisah dan berdekatan dengan ruang interlocking, tower, dan base station.

3.5.4 Persyaratan Pemasangan

- a. Catu daya utama harus dipasang dengan menggunakan trafo isolasi (insulation transformer);
- b. Catu daya darurat dipasang pada rak khusus;
- c. Catu daya cadangan dengan diesel generator dipasang menggunakan pondasi yang terpisah dari pondasi ruangan;

d. Catu daya cadangan yang menggunakan catu daya selain diesel generator dipasang sesuai SPLN yang berlaku.

- e. Bagian depan dan belakang panel pelayanan disediakan ruang yang cukup minimal 80 cm antara dinding dengan catu daya untuk memudahkan perawatan; dan
- f. Dilengkapi dengan sistem pengatur sirkulasi udara.

3.5.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - Catu daya hanya digunakan untuk mencatu peralatan sinyal dan telekomunikasi;
 - 2. Catu daya utama:
 - a) Dari tegangan PLN atau sumber lain;
 - b) Dilengkapi dengan sistem UPS;
 - Mampu menyediakan daya untuk kebutuhan beban penuh peralatan sinyal dan telekomunikasi secara terus menerus;
 - d) Apabila tegangan atau frekuensi catu daya utama berubah sampai di atas/bawah harga toleransi yang dirancang, catu daya utama harus terputus; dan
 - e) Setelah catu daya utama bekerja kembali sekurangkurangnya 5 menit dan telah stabil, beban penuh instalasi diambil alih lagi oleh catu daya utama secara otomatis dan menghentikan diesel generator secara otomatis.
 - 3. Catu daya darurat:
 - a) Dari baterai dengan kapasitas operasi minimum 2 jam pada beban penuh;
 - b) Harus mampu menanggung beban sementara pada saat catu daya utama putus/terganggu, sebelum beralih dari catu daya utama ke catu daya cadangan (genset) atau catu daya lainnya; dan
 - c) Pada waktu catu daya utama terputus, beban penuh instalasi telekomunikasi segera diambil alih secara otomatik oleh baterai. Pada saat bersamaan diesel generator mulai bekerja secara otomatis.
 - Catu daya cadangan menggunakan diesel generator:
 - a) Dari diesel generator dengan kapasitas operasi paling rendah 1,25 x beban normal instalasi telekomunikasi;
 - b) Harus dapat menanggung beban penuh pada saat

catu daya utama putus/terganggu;

 Beban penuh harus diambil alih oleh diesel generator dalam waktu tidak lebih dari 10 menit sejak diesel generator mulai hidup;

 Apabila catu daya utama tidak bekerja kembali dalam waktu 5 menit, diesel generator secara otomatis

mengambil alih pemberian daya ke instalasi;

- e) Setelah catu daya utama bekerja kembali sekurang kurangnya 5 menit dan telah stabil, beban penuh instalasi diambil alih lagi oleh catu daya utama secara otomatis dan menghentikan diesel generator secara otomatis; dan
- f) Dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan nilai maksimal 1Ω .
- Catu daya cadangan yang menggunakan catu daya selain diesel generator dipasang sesuai SPLN yang berlaku.

b. Persyaratan Material

- I. Catu daya utama:
 - a) Catu daya utama dari PLN atau sumber lain;
 - b) Tegangan nominal 220/380 V±10%, frekuensi 50 Hz ± 3Hz:
- e) Dilengkapi sistem catu daya tidak terputus (UPS); dan
 - d) Dilengkapi dengan proteksi over/under voltage.
- 2. Catu daya darurat:
 - a) Catu daya darurat, dari baterai dan rechargeable; dan
 - b) Kapasitas minimum tahan beroperasi 1 jam pada beban penuh.
- 3. Catu daya cadangan dari diesel generator:
 - a) Catu daya cadangan, dari diesel generator;
 - b) Kapasitas paling rendah 1,25 x beban normal instalasi sinyal dan telekomunikasi;
 - c) Dilengkapi dengan baterai charger;
 - d) Baterai untuk starter generator harus dilengkapi dengan charger otomatis yang terhubung dengan catu daya utama;
 - e) Dapat dilengkapi dengan tangki bahan bakar cadangan; atau
 - Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu yang berlaku.
- Catu daya cadangan dari sumber lain selain diesel generator sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis atau standar internasional atau nasional yang berlaku.

3.6 Proteksi

3.6.1 Fungsi

Proteksi berfungsi untuk melindungi instalasi peralatan telekomunikasi dari gangguan petir yang berupa sambaran langsung ataupun induksi tegangan lebih/tinggi.

362 Jenis

- a. Proteksi eksternal berupa batang penangkal petir;
- Proteksi internal berupa arrester, sekring dan/atau pemutus;
 dan
- c. Pentanahan berupa batang pentanahan (grounding rod).
- 3.6.3 Persyaratan Penempatan

Proteksi di instalasi pada peralatan telekomunikasi di dalam dan/atau luar ruangan.

- 3.6.4 Persyaratan Pemasangan
 - a. Proteksi eksternal berupa batang penangkal petir dipasang:

1. Batang penangkal petir dipasang tegak lurus diatas bangunan/ tower pada bagian tertinggi;

2. Sudut perlindungan terhadap seluruh bagian bangunan

minimal 45°;

3. Batang penangkal petir harus dipasang lebih dari satu apabila sudut perlindungan tidak mampu melindungi bangunan secara menyeluruh;

 Batang penangkal petir harus terhubung dengan instalasi grounding minimal menggunakan kabel tembaga bc 50 mm2 melalui grounding bar di luar ruangan; dan

Harus dilengkapi dengan lightning counter.

b. Proteksi internal berupa arrester, sekring dan/atau pemutus dipasang:

Di dalam panel/rak;

- 2. Trafo isolasi harus diberi casing; dan
- 3. Harus terhubung dengan sistem pentanahan melalui grounding bar di dalam ruangan.

Pentanahan berupa batang pentanahan dipasang:

- 1. Peralatan pentanahan ditanam di dalam tanah minimal kedalaman 5 m;
- 2. Peralatan pentanahan dihubungkan dengan grounding bar di luar ruangan minimal menggunakan kabel tembaga bc 50 mm2:
- 3. Grounding bar di dalam ruangan dihubungkan dengan grounding bar di luarruangan minimal menggunakan kabel tembaga bc 50 mm2;
- Grounding bar di luar ruangan dipasang di dalam bak control.

Persyaratan Teknis 3.6.5

a. Persyaratan Operasi

Proteksi minimal memenuhi persyaratan operasi sebagai berikut:

1. Arus atau tegangan lebih yang disalurkan ke bumi harus melalui media sependek mungkin;

Proteksi yang dipasang harus memiliki keandalan yang tinggi mampu menyalurkan arus petir tinggi tanpa terjadi kerusakan dan tahan korosi:

3. Sistem proteksi harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dilakukan pemeriksaan, perawatan dan pengujian

pada sistem proteksi petir tersebut secara periodik;

4. Penyambungan penghantar yang digunakan harus dari bahan yang sama, dengan klem yang kuat dan tahanan kontak yang sekecil mungkin dan mampu dilewati arus petir tanpa terjadi pelelehan;

5. Grounding yang terintegrasi diimplementasikan sedemikian sehingga arus petir cepat terdisipasi menimbulkan kenaikan tegangan yang membahayakan peralatan dan personil;

6. Nilai pentanahan maksimum 1 Ohm; dan

7. Peralatan pentanahan dapat berupa grounding rod. grounding plate atau sangkar faraday.

b. Persyaratan Material

- 1. Proteksi eksternal memenuhi persyaratan materiil meliputi:
 - Panjang terminal udara minimal 60 cm;
 - b. Terminal udara terbuat dari material/bahan minimal tembaga;
 - Kabel penghantar dengan luas penampang minimal BC 50 mm2; dan
 - d. Klem kabel terbuat dari material/bahan minimal kuningan.

- Proteksi internal memenuhi persyaratan komponen/material meliputi:
 - a) Proteksi internal berupa arrester.

1) Jumlah phase: 1 phase atau 3 phase;

- 2) Proteksi listrik: 3LN (L-G,N-G) 3 phase, 4 pole;
- 3) Tegangan/ rate voltage: sesuai tegangan sistem;
- Kapasitas discharge: minimal 20 kA atau sesuai dengan desain;
- 5) Waktu discharge: minimal 8/20 μs;
- 6) Arus impulse (8/20 µs): minimum 50 kA; dan
- 7) Dilengkapi dengan indikator kerusakan.
- b) Proteksi internal berupa trafo isolasi:
 - 1) Rasio kumparan primer dan sekunder: 1 banding 1;
 - 2) Tegangan: sesuai tegangan kerja peralatan; dan
 - 3) Kapasitas daya: minimal 1,25 x beban maksimal.
- Pentanahan minimal memenuhi persyaratan komponen/material sebagai berikut:
 - a) Diameter ground rod minimal 16 mm;
 - b) Panjang ground rod minimal 150 cm; dan
 - c) Material/bahan ground rod tembaga; atau
- Memenuhi standar internasional atau nasional tertentu yang berlaku.

3.7 Penunjuk Waktu

3.7.1 Fungsi

Penunjuk waktu berfungsi untuk memberikan penunjukan waktu yang sama di setiap stasiun dan kantor pengendali operasi kereta api kecepatan tinggi.

3.7,2 Jenis

Penunjuk waktu minimal terdiri atas:

- a. Jam induk (master clock); dan
- b. Jam anak (slave clock).
- 3.7.3 Persyaratan Penempatan Penunjuk waktu minimal terletak di:
 - a. Ruang tunggu penumpang;
 - b. Ruang PPKA, dan;
 - c. Peron.
- 3.7.4 Persyaratan Pemasangan

Penunjuk waktu dipasang pada posisi yang mudah dilihat dengan struktur yang kokoh.

- 3.7.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi

Sistem penunjuk waktu minimal memenuhi persyaratan operasi sebagai berikut:

- Penunjuk waktu harus dapat memberikan informasi tentang waktu kepada penumpang;
- Jam induk (master clock) dipasang di ruang khusus/PPKA/pengawas peron;
- Jam anak harus dapat disinkronkan dengan jam induk (master clock) agar penunjukkan waktu sama untuk di seluruh jaringan kereta api kecepatan tinggi;
 - 4. Jam induk mampu menampung minimal 30 jam anak; dan
 - 5. Penyimpangan waktu maksimal 1 detik dalam tiap minggu.

PERSYARATAN TEKNIS PERALATAN INSTALASI LISTRIK KERETA API KECEPATAN TINGGI

- 1. INSTALASI LISTRIK KERETA API KECEPATAN TINGGI
- 1.1 Catu Daya Listrik
 - a. catu daya listrik arus bolak balik
 - 1. peralatan penerima daya;
 - peralatan AC kubikel;
 - 3. peralatan tegangan rendah AC dan DC; dan
 - 4. peralatan penyulang.
 - b. pengendali catu daya jarak jauh
 - 1. pengendali jarak jauh untuk setiap satu catu daya; dan
 - 2. pengendali jarak jauh untuk beberapa catu daya.
- 1.2 Peralatan Transmisi Peralatan Listrik

transmisi tenaga listrik untuk arus bolak -balik terdiri dari:

- a. sistem penyulang;
- b. sistem katenari/rail conductor,
- c. fasilitas pendukung;
- d. proteksi; dan
- e. jaringan distribusi daya.
- 1.3 Persyaratan Penempatan instalasi listrik ditempatkan pada lokasi yang sesuai peruntukannya, aman, tidak mengganggu prasarana dan fasilitas lain dan tidak membahayakan keamanan dan keselamatan publik.
- 1.4 Persyaratan Pemasangan menjamin instalasi listrik yang dipasang dapat berfungsi secara optimal dan bebas dari segala rintangan dan benda penghalang dalam pengoperasiannya.
- Persyaratan Teknis
 menjamin komponen, material, ukuran dan kapasitas instalasi
 listrik sesuai dengan standar kelayakan dan keselamatan operasi
 sehingga seluruh sistem peralatan instalasi listrik dapat berfungsi
 secara andal dalam kurun waktu sesuai umur teknis.

PERSYARATAN TEKNIS CATU DAYA LISTRIK

- 2.1 Catu Daya Listrik Arus Bolak-Balik
- 2.2.1 Peralatan Penerima Daya
 - 2.2.1.1 Fungsi

Peralatan penerima daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menerima dan menurunkan tegangan dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain.

- 2.2.1.2 Jenis
 - a. Peralatan penerima daya paling sedikit meliputi:
 - 1. kabel/ kawat penyulang penerima daya;
 - 2. saklar pemisah;
 - 3. pemutus tenaga;
 - trafo arus;
 - 5. trafo tegangan;
 - 6. indikator:
 - a) indikator ukur;
 - b) indikator cahaya;
 - e) indikator counter, atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 7. proteksi:
 - a. tipe modular; dan
 - b. tipe individual.
 - 8. rele hubung singkat;

- 9. rele pentanahan arus lebih;
- 10. rele tegangan lebih;
- rele tegangan kurang;
- 12. $delta\ I\ relay\ (\Delta I)$; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Peralatan penurun tegangan dapat berupa transformator,
- c. Panel distribusi paling sedikit meliputi:
 - kabel penerima daya;
 - saklar pemisah;
 - 3. pemutus tenaga;
 - 4. trafo arus;
 - 5. trafo tegangan;
 - 6. indikator:
 - a) indikator ukur;
 - b) indikator cahaya;
 - c) indikator counter, atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 7. proteksi:
 - a) tipe modular; dan
 - b) tipe individual.
 - 8. rele hubung singkat;
 - 9. rele pentanahan arus lebih;
 - 10. rele tegangan lebih;
 - 11. rele tegangan kurang;
 - 12. rele jarak;
 - 13. delta I relay (ΔI); atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.2.1.3 Persyaratan Penempatan
 - a. Terletak di dalam dan/atau di luar ruangan bangunan catu daya listrik:
 - Berdekatan dengan gardu jaringan listrik umum atau sumber listrik lain;
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.2.1.4 Persyaratan Pemasangan
 - a. Dipasang di dalam dan/atau di luar ruangan bangunan catu daya listrik;
 - Semua body peralatan yang terbuat dari metal harus ditanahkan;
 - Gedung tempat peralatan terpasang harus dilengkapi dengan alat penangkal petir dan harus ditanahkan dengan nilai pentanahan maksimal 1 Ω;
 - d. Peralatan pengamanan terhadap petir (arrester) dipasang sesuai dengan perhitungan desain, terutama pada:
 - Incoming pada sistem auxiliary AC;
 - 2. Incoming dan busbar di sistem auxiliary DC;
 - 3. Saluran listrik penerangan luar ruangan;
 - 4. Saluran listrik untuk operasional disconnector OCS;
 - 5. Peralatan arus lemah.
 - e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.2.1.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - Sistem catu daya untuk kereta api kecepatan tinggi minimum sesuai dengan tegangan sistem;
 - 2. Sistem catu daya agar dirancang tahan terhadap cuaca ekstrim

seperti hujan dengan intensitas tinggi, banjir, badai angin, gempa bumi;

 Kualitas pasokan listrik harus memenuhi ketentuan terkait yang dikeluarkan oleh pemerintah;

Peralatan catu daya agar terintegrasi dengan sistem pentanahan;

5. Sistem catu daya harus memiliki sistem proteksi;

- Peralatan proteksi sesuai dengan standar nasional dan internasional;
- 7. harus dapat mengontrol atau mengatur tegangan yang diterima darijaringan listrik umum atau sumber listrik lain;
- harus dapat menurunkan tegangan masukan yang diterima dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain ke tegangan yang diinginkan;

 harus mempunyai rating kapasitas yang sesuai dengan sistem yangdirencanakan;

10. harus memiliki fasilitas pengamanan untuk perawatan;

- 11. harus dapat beroperasi dengan fluktuasi tegangan masukan antara ± 5 % sampai dengan ± 10 % tegangan nominal;
- 12. tersedia fasilitas pemberhentian darurat/emergency stop; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. Persyaratan Material

- 1. Peralatan Penerima
 - a. Kabel penerima daya harus memenuhi persyaratan:

i) tegangan : minimum sesuai dengan nominaltegangan masukan;

2) dimensi ukuran : sesuai daya; 3) jenis : armour cable;

4) isolasi lapisan luar

dan dalam ; minimal XLPE, harus kedap air;

5) penghantar : minimal tembaga; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standarinternasional atau nasional tertentu.

b. Saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:

i) jumlah kutub : 3 kutub;

2) tegangan/rated voltage: sesuai tegangan sistem;

arus/rated current : sesuai perhitungan kebutuhan;

4) tegangan nominal : sesuai tegangan masukan;atau

5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

c. Pemutus tenaga harus memenuhi persyaratan:

 tipe : dapat dikeluarkan/drawout type dan/atau fixed type;

2) jumlah kutub : 3 kutub dengan satu kesatuan/singlethrow (TP);

tegangan : sesuai tegangan masukan;
 batas kemampuan : sesuai perhitungan isolasi

kebutuhan;
5) arus : sesuai perhitungan kebutuhan; atau

- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. Trafo arus harus memenuhi persyaratan:

1) jumlah fasa : 3 x 1fasa;

2) arus primer : sesuai perhitungan

kebutuhan;

3) arus sekunder : maksimal 5 A;

4) maksimum daya : sesuai perhitungan; atau

- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standarinternasional atau nasional tertentu.
- e. Trafo tegangan harus memenuhi persyaratan:

jumlah fasa : 3 fasa;

2) tegangan primer ; sesuai tegangan masukan;

3) tegangan sekunder : maksimal 110 V;

4) maksimum daya/

rated burden : sesuai perhitungan kebutuhan; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

f. Indikator

- 1) indikator ukur minimum harus dilengkapi:
 - (a) watt meter dengan skala sesuai daya;
 - (b) volt meter sesuai dengan trafo tegangan;
 - (c) ampere meter sesuai dengan trafo arus;
 - (d) faktor daya/Cos φ meter harus menunjukkan skala0 sampai 1/tertinggal mendahului; atau
 - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) indikator cahaya harus memenuhi syarat:
 - (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu on dan off.
 - (b) mengidentifikasikan tiap fasa dengan warna yang berbeda; atau
 - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- indikator counter harus memenuhi syarat minimal
 (empat) digit; atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

g. Proteksi

- proteksi tipe modular harus memenuhi syarat terdiri atas satu kesatuan rele yang berfungsi minimal untuk mendeteksi hubung singkat, tegangan lebih dan tegangan kurang, arus lebih;
- proteksi tipe individual
 - (a) rele hubung singkat harus memenuhi syarat;
 - arus maksimal : sesuai dengan trafo

arus;

- frekuensi : 50 Hz;

- setting tap arus : sesuai kebutuhan;

- setting waktu terhadap

kenaikan arus : maksimal 2 detik; atau

- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (b) rele pentanahan arus harus memenuhi syarat:

(I) arus maksimal : sesuai dengan trafo

arus;

(2) frekuensi : 50 Hz;

(3) setting tap arus : sesuai kebutuhan;

- (4) setting waktu terhadap kenaikan beda potensial tanah disekitar catu daya maksimal 2 detik; atau
- (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (c) rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:

(I) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo

tegangan;

(2) frekuensi : 50 Hz;

(3) maksimum tegangan lebih 20% dari tegangan masukan; atau

- (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (d) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:

(I) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo

tegangan

(2) frekuensi : 50 Hz;

- (3) maksimum tegangan lebih 20% dari tegangan masukan; atau
- (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- penurun tegangan untuk transformator daya harus memenuhi syarat pembebanan:
- a) 100 % terus-menerus;
- b) 150 % selama 2 jam;
- c) 200 % selama 5 menit;
- d) 300 % selama 1 menit;
- e) Mempunyai tap tegangan masukan ± 10 % dari tegangan nominal; atau,
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3. Panel distribusi
 - a) Kabel penerima daya harus memenuhi syarat;
 - tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
 - 2) dimensi ukuran : sesuai daya; 3) jenis : armour cable;
 - 4) isolasi lapisan

luar dan dalam : minimal XLPE, harus kedap air:

- 5) penghantar : minimal tembaga; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
- b) Saklar pemisah harus memenuhi syarat :
 - 1) jumlah kutub : 3 kutub dan/atau 2 kutub;
 - tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
 arus : sesuai perhitungan beban; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
- c) Pemutus tenaga harus memenuhi syarat :
 - 1) tipe : dapat dikeluarkan;
 - 2) jumlah kutub : 1 kutub dan/atau 2 kutub;
 - 3) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan; 4) arus : sesuai perhitungan beban; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
- d) trafo arus harus memenuhi syarat:
 - i) jumlah fasa : 3x1 fasa;
 - 2) arus primer : sesuai perhitungan kebutuhan;
 - 3) arus sekunder : maksimal 5A; atau,
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) trafo tegangan harus memenuhi syarat:
 - i) jumlah fasa : 1 dan/atau 3 fasa;
 - 2) tegangan primer : sesuai dengan tegangan masukan;
 - 3) tegangan sekunder : maksimal 110 V; atau
 - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar

internasionalatau nasional tertentu.

- f) indikator
 - 1) indikator ukur minimal harus dilengkapi:
 - (a) watt meter dengan skala sesuai daya;
 - (b) volt meter sesuai dengan trafo tegangan;
 - (c) ampere meter sesuai dengan trafo arus; atau
 - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
 - 2) indikator cahaya harus memenuhi syarat:
 - (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu on dan off,
 - (b) mengidentifikasikan tiap fasa dengan warna yang berbeda;
 atau
 - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 3) indikator counter harus memenuhi syarat minimal 4 digit; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- g) proteksi
 - f) proteksi tipe modular harus memenuhi syarat terdiri dari satu kesatuan rele yang berfungsi untuk mendeteksi hubung singkat, tegangan lebih dan tegangan kurang, arus lebih, rele jarak dan Delta I Relay.
 - 2) proteksi tipe individual
 - (a) rele hubung singkat harus memenuhi syarat:
 - arus maksimal : sesuai dengan trafo;
 - frekuensi : 50 Hz;
 - setting tap arus sesuai kebutuhan; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standarinternasional atau nasional tertentu.
 - (b) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi syarat:
 - arus maksimal : sesuai dengan trafo;
 - frekuensi : 50 Hz; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

(c)rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:

- tegangan maksimal: sesuai dengan trafo;
- frekuensi : 50 Hz;
- maksimum tegangan lebih : 20% dari trafo tegangan; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (d) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:
 - tegangan maksimal : sesuai dengan trafo;
 - frekuensi : 50 Hz;
 - maksimum tegangan lebih : 20% dari trafo tegangan;
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (e) rele jarak harus memenuhi syarat:
 - arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
 - frekuensi : 50 Hz;
 - setting tap arus : sesuai kebutuhan;atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (f) Delta I Relay harus memenuhi syarat:
 - arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
 - frekuensi : 50 Hz;
 - setting tap arus : sesuai kebutuhan;
 - setting waktu terhadap kenaikan kecuraman arus pada feedermaksimal 2 detik; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.2 Peralatan AC Kubikel

2.2.2.1 Fungsi

Peralatan AC kubikel berfungsi untuk mendistribusikan dan memutus tegangan arus bolak-balik yang diterima dari transformator daya untuk dialirkan ke peralatan transmisi tenaga listrik melalui peralatan penyulang.

2.2.2.2 Jenis

Peralatan AC kubikel meliputi:

- a. kapasitor;
- b. saklar pemutus; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
- 2.2.2.3 Persyaratan Penempatan
 - a. terletak di dalam bangunan catu daya listrik;
 - b. terletak berdekatan dengan transformator daya penurun tegangan;
 - c. terletak tidak jauh dari transmisi tenaga listrik; atau
 - d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 2.2.2.4 Persyaratan Pemasangan
 - a. dipasang di dalam bangunan catu daya listrik;
 - b. harus ada ruang yang cukup untuk kebutuhan perawatan;
 - masing-masing kubikel harus dipasang berdampingan dan sejajar jalan rel dengan ukuran yang sama;
 - d. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup; atau
 - e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 2.2.2.5 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - 1. harus bisa dioperasikan secara elektrik dan manual;
 - harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi;
 - harus dapat memutus secara cepat dan otomatis apabila terjadi gangguan; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - b. Persyaratan Material
 - kapasitor harus memenuhi persyaratan untuk memperbaiki faktor daya (Cos φ);
 - saklar pemutus harus memenuhi persyaratan:
 - (1) tipe : dapat dikeluarkan;
 - (2) jumlah kutub : 3 kutub dengan satu

kesatuan;

- (3) tegangan : sesuai tegangan masukan;
- (4) batas kemampuan : sesuai perhitungan
- isolasi kebutuhan; (5) arus : sesuai perhitungan
- kebutuhan; atau

 (6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.3 Peralatan Tegangan Rendah AC dan DC

2.2.3.1 Fungsi

peralatan tegangan rendah AC dan DC berfungsi sebagai sumber daya listrik untuk peralatan kontrol, proteksi, indikator, space heater, baterai dan lain-lain yang terkait dengan sistem catu daya listrik serta penerangan bangunan.

2.2.3.2 Jenis

indikator dapat berupa:

- a. indikator cahaya;
- b. indikator ukur; atau
- 2.2.3.3 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.2.3.4 Persyaratan Penempatan
 - a. peralatan tegangan rendah AC dan DC terletak di dalam atau di luar bangunan catu daya listrik menyatu dengan peralatan lain;
 - b. untuk baterai terletak di ruang tersendiri di dalam atau di luar bangunan catu daya listrik; atau
 - c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.2.3.5 Persyaratan Pemasangan
 - a. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
 - b. semua body peralatan yang terbuat dari metal harus ditanahkan;
 - c. pada ujung kabel harus diberi penomoran/tanda;
 - d. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup;
 - e. harus dilengkapi dengan diagram satu garis/single line pada tiap kubikel dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami;
 - f. untuk baterai dipasang pada rak khusus di ruang baterai; atau
 - g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.3.6 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
 - harus dapat menyuplai daya listrik secara terus-menerus;
 - 2. harus mempunyai rating kapasitas yang sesuai dengan sistem yang direncanakan;
 - peralatan tegangan rendah AC dan DC yang berupa trafo harus mempunyai 2 (dua) sumber yang berbeda yang berfungsi sebagai sumber utama dan sumber cadangan yaitu:
 - a) sumber dari catu daya listrik setempat atau dari jaringan distribusi pada saluran sisi beban utama (sebagai sumber utama);
 - b) sumber dari jaringan distribusi pada saluran sisi beban sekunder (sebagai sumber cadangan);
 - c) perpindahan sumber daya tersebut bekerja secara otomatis; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - b. Persyaratan Material
 - Panel tegangan rendah AC dan DC harus memenuhi persyaratan:
 - saklar pemutus yang terpasang harus sesuai kapasitas peralatan;
 - 2. auxilary relay harus dapat memenuhi persyaratan tegangan kerja peralatan;
 - 3. indikator:
 - indikator cahaya harus mengidentifikasikan keadaan bekerjanya peralatan dengan warna yang berbeda;
 - indikator ukur harus memenuhi persyaratan:
 - volt meter sesuai dengan tegangan kerja peralatan; dan

- ampere meter sesuai dengan arus kerja peralatan; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2. Trafo harus memenuhi persyaratan:
 - a) harus sesuai dengan kapasitas kebutuhan peralatan;
 - b) dapat bekerja 100 % terus menerus; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu,
- 3. baterai dan charger harus memenuhi persyaratan:
 - a) baterai:
 - (a) harus bebas perawatan;
 - (b) tegangan harus sesuai tegangan kerja peralatan;
 - (c) kapasitas harus sesuai dengan beban yang direncanakan;
 - (d) harus mampu bekerja tidak kurang dari 2 jam ; atau
 - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b)charger.

- (a) harus mudah dalam perawatan;
- (b) bekerja secara otomatis;
- (c) kapasitas sesuai dengan baterai; atau
- (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.2.4 Peralatan Penyulang

a. Fungsi

peralatan penyulang berfungsi untuk menyalurkan daya dari peralatan AC kubikel melalui kabel penyulang ke kawat penyulang dan kawat kontak serta menyalurkan kembali arus balik melalui kabel penyulang netral ke peralatan AC kubikel.

- b. Jenis
 - 1) Peralatan penyulang meliputi:
 - a) Kabel penyulang;
 - b) Saklar pemisah;
 - c) Arrester,
 - d) Protection gap;
 - e) Struktur; atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 2) kabel penyulang meliputi:
 - a) Kabel penyulang fasa;
 - b) Kabel penyulang netral; atau
 - c) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

c. Persyaratan Penempatan

Terletak dekat dengan catu daya listrik dan transmisi tenaga listrik atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- d. Persyaratan Pemasangan
 - 1) Kabel penyulang untuk kabel dalam tanah harus memenuhi persyaratan:
 - a) Dipasang di dalam tanah dengan kedalaman >100 cm;
 - b) Dalam tanah menggunakan pasir dan proteksi kabel;
 - c) Ditanam melintasi jalan rel minimal 1,5 m dari subgrade dengan pelindung pipa hdpe minimal ketebalan 8 mm;
 - d) Ditanam melintasi jalan raya minimal 1,0 m dari tanah dan dilindungi pelindung pipa hdpe minimal ketebalan 8 mm;
 - e) Jika terpasang sejajar atau menyilang kabel sinyal atau

telekomunikasi maka kedalaman harus lebih dalam dari kabel sinval atau telekomunikasi:

- f) Kabel yang keluar dari permukaan tanah harus diberi proteksi berupa pipa besi galvanis. Untuk kondisi tertentu apabila transmisi agak jauh dari lokasi catu daya listrik maka digunakan konstruksi dengan menggunakan kawat pemikul; atau,
- g) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) Saklar pemisah dipasang pada struktur peralatan penyulang;
- 3) Arrester dipasang di kawat penyulang pada struktur peralatan penyulang;

4) Struktur untuk peralatan penyulang dipasang:

- a) Untuk tempat kedudukan kabel penyulang, saklar pemisah, dan arrester,
- b) Menggunakan minimal 2 (dua) tiang beton dan/atau tiang baja; atau
- c) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.

e. Persyaratan Teknis

- a) Harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi sesuai dengan kapasitas yang direncanakan;
- b) Harus dapat memutuskan tegangan dari catu daya listrik ke transmisi tenaga listrik apabila terjadi gangguan; atau
- c) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

Persyaratan Material

- i. Kabel penyulang harus memenuhi syarat:
 - 1. bahan : tembaga
 - : sesuai ukuran dengan kapasitas yang direncanakan;
 - 3. jenis : armour cable;
 - 4. lapisan luar dalam dan inti menggunakan Polyetheline (PE);
 - 5. Kabel harus dilengkapi penandaan dengan tulisan "<type kabel>milik instansi <tahun pembuatan>"; atau
 - 6. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

ii. Saklar pemisah harus memenuhi syarat:

- jumlah kutub : 1 kutub;
- tegangan : sesuai tegangan sistem;
- 3. arus : sesuai perhitungan kebutuhan
- : hendel/ lever, motorize 4. jenis : porselen, composite atau isolator
- 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

iii. Arrester harus memenuhi syarat:

- 1. kapasitas discharge: minimal 5kA 10kA;
- waktu discharge : minimal 8/20 mikro second;
- 3. tegangan : + 20 % dari tegangan sistem; atau
- 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- iv. Protection gap harus memenuhi persyaratan dapat dengan cepat mengalirkan arus ke tanah apabila terjadi beda potensial dengan waktu minimal 2 detik;
 - v. Struktur untuk peralatan penyulang harus memenuhi

syarat:

- Tiang: menggunakan tiang beton dan/atau tiang baja dengan jarak minimal 3 m;
- Batang penyangga : minimal menggunakan besi galvanis dengan ukuran sesuai perencanaan;
- Tangga kabel dan klem kabel menggunakan besi galvanis; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- vi. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.3 Pengendalian Jarak Jauh
- 2.3.1 Pengendalian Jarak Jauh untuk Setiap Catu Daya
 - 2.3.1.1 Fungsi
 - Melakukan pengawasan operasi dan kegagalan pada sistem catu daya yang dikendalikan;
 - Memberikan perintah eksekusi dan menampilkan indikasiindikasi yang terjadi pada sistem catu daya yang dikendalikan;
 - Melakukan kontrol secara terus menerus pada sistem catu daya yang dikendalikan; dan
 - d. Merekam semua aktifitas catu daya secara terus-menerus.
 - 2.3.1.2 Persyaratan Penempatan

Letak pengendalian jarak jauh untuk setiap catu daya dipasang dalam satu ruangandan berdekatan atau menyatu dengan pusat operasi kereta api atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.3.1.3 Persyaratan Pemasangan

- Harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- b. Semua kubikel harus dihubungkan ke pentanahan dengan nilai pentanahan maksimal 1Ω:
- c. Semua saluran masukan/kaluaran harus dipasang arrester,
- d. Kabel kontrol pada ujungnya harus diberi penomoran/tanda;
 - e. Diagram satu garis/single line harus mengidentifikasi penyuplaian dengan jelas; atau
 - f. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.3.1.4 Persyaratan Teknis
 - a. Persyaratan Operasi
 - Harus dapat memantau kondisi catu daya di bawah pengawasannya;
 - Harus dapat mengeksekusi pemutusan dan/atau pemasukan satudaya listrik;
 - Harus dapat mengolah data masukan/keluaran dari catu daya yang berada di bawah pengawasannya;
 - Harus dapat memberikan indikasi terhadap kondisi catu daya;
 - 5. Harus tersedia tegangan kontrol yang terus-menerus yang di back up oleh baterai minimal selama 2 jam;
 - Harus dilengkapi dengan fasilitas pemberhenti darurat/emergency stop dalam hal terjadi gangguan besar; dan
 - 7. Harus dilengkapi alat rekam/logger, atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - b. Persyaratan Material
 - kapasitas data masukan/keluaran minimal 16 bit;
 - 2. Controller ROM & RAM minimal 16 bit:
 - 3. Modern communication speed minimal 1200 bit/s;

- 4. Power supply 220 V, AC ± 10%, 50 60 Hz; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasionalatau nasional tertentu.
- 2.3.2 Pengendalian Jarak Jauh untuk Beberapa Catu Daya/Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

2.3.2.1 Fungsi

- Untuk menerima dan mengirim data teleinformasi dari setiap catu daya keperalatan SCADA atau sebaliknya;
- Melakukan pengendalian dan pengawasan beberapa catu daya sekaligus; dan
- e. Mengolah data dalam sebuah database yang diterima dari beberapa catu daya sekaligus.

2.3.2.2 Persyaratan Penempatan

 Terletak di dalam bangunan dan menyatu dengan pusat operasi kereta api;

b. Terletak tidak jauh dari jalur kereta api; atau

 Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.3.2.3 Persyaratan Pemasangan

a. Dipasang di dalam bangunan pusat operasi kereta api;

- Harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- c. Harus dalam ruangan yang terjaga suhu ruangannya;
- d. Saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup;

e. Harus dilengkapi dengan proteksi; atau

- f. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.3.2.4 Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

- Harus dapat menerima, mengirim dan mengolah data informasi;
- Harus dapat menginformasikan semua gangguan yang terjadi padacatu daya yang di bawah kendalinya;
- Harus mampu menyimpan data real time, data historical, dan database;
- 4. Harus dapat memvisualisasikan trend data gangguan;

5. Harus dilengkapi alat perekam/data logger,

- Harus dilengkapi dengan fasilitas pemberhenti darurat/emergency stopdalam hal terjadi gangguan besar;
- Harus mampu menampilkan pesan dalam bahasa yang jelas;
- Harus tersedia tegangan suplai yang terus menerus dan back up battery minimal selama 2 jam; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
 - 1. Controller minimal memenuhi persyaratan:

a) komunikasi : open protocol

- b) Kapasitas : sesuai dengan perencanaan; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2. Multiplexer minimal memenuhi syarat:
 - a) kecepatan data: minimum 384 kbps;

b) tipe minimum : digital;

- kapasitas : sesuai dengan perencanaan;
 atau
- d) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. Monitor minimal memenuhi persyaratan:

a) jenis : minimal LCD;

b) ukuran : minimal 32 inch; atau

- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 4. layar tayang minimal memenuhi persyaratan:

a) resolusi : minimal 1400 x 1050 pixel; b) ukuran : sesuai dengan perencanaan; c) tipe : tanpa batas/borderless; atau

- d) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu standar internasional atau nasional tertentu.
- 5. inverter minimal memenuhi persyaratan:
 - a) tegangan keluaran : sesuai tegangan peralatan;

b) Kapasitas : sesuai beban; atau

- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 6. Server minimal memenuhi syarat:

a) konfigurasi : (1+1) hot standby, b) kelas : Computer Server,

- tahan terhadap temperatur 45°C dan kelembaban ruang maksimum 95%; atau
- d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- LAN minimal memenuhi persyaratan konfigurasi (1+1) hot standby,

8. Printer harus mempunyai koneksi minimal USB; atau

 Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. PERALATAN TRANSMISI TENAGA LISTRIK

- 3.1 Transmisi Tenaga Listrik untuk Arus Bolak-Balik Aliran Atas
- 3.1.1 Sistem Penyulang/Feeding System

3.3.1.1 Fungsi

Sistem penyulang/feeding system berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari catu daya listrik ke kawat kontak.

3.3.1.2 Jenis

- a. Kawat penyulang dan pemikul/feeder messenger wire;
- b. Connector, dan
- c. Transformer yang digunakan dapat berupa:
 - 1. Auto Transformer (AT);
 - 2. Booster Transformer (BT); atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.1.3 Persyaratan Penempatan

- kawat penyulang dan pemikul dipasang antara tiang dengan jalur kereta api dengan menggunakan isolator yang digantung pada tiang atau kontruksi lainnya yang kokoh;
- b. Connector terletak antara kawat penyulang dengan kawat kontak atau terletak antara kawat pemikul dengan kawat kontak yang berfungsi menghubungkan keduanya;
- c. Auto transformer dan booster transformer terletak di sepanjang jalur kereta api; atau
- d. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3.3.1.4 Persyaratan Pemasangan
 - a. Kawat penyulang dan pemikul

- 1. dipasang pada struktur dengan menggunakan isolator;
- 2. Dipasang di atas sejajar dan satu sumbu dengan kawat kontak;
- Jarak antara kawat penyulang dan pemikul dan kawat kontak minimal 15 cm; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Connector dipasang minimal secara kokoh;
- c. Transformer.
 - Auto transformer dipasang dengan interval ± 10 km sepanjang jalur kereta api;
 - Booster transformer dipasang dengan interval ± 3 km sepanjang jalur kereta api; atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.1.5 Persyaratan teknis

- a. Persyaratan operasi
 - Harus dapat menyalurkan daya secara terus-menerus untuk menggerakkan kereta listrik;
 - Harus dapat menjamin tidak terjadi kebocoran listrik sepanjang jaringan;
 - 3. Harus dilengkapi dengan sistem proteksi jaringan; atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan material
 - 1. Kawat penyulang dan pemikul
 - a) bahan : tembaga;
 - b) ukuran : sesuai kapasitas direncanakan;
 - c) jenis : wire; atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 2. Connector
 - a) bahan ; tembaga;
 - b) ukuran : sesuai kapasitas direncanakan;
 - c) jenis: wire; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 3. Transformer
 - a) Auto Transformer (AT):
 - 1) jumlah fasa : 1 phasa; 2) frekuensi : 50 Hz;
 - tegangan primer : sesuai perencanaan;
 tegangan sekunder : sesuai perencanaan;
 kapasitas : sesuai perencanaan;
 impedansi : maksimal 15 %; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - b) Booster Transformer (BT):
 - 1) transformer : rasio 1:1; 2) jumlah fasa : 1 phasa; 3) frekuensi : 50 Hz;
 - 4) tegangan primer : sesuai perencanaan;
 - 5) tegangan sekunder : sama dengan tegangan primer;
 - 6) kapasitas : sesuai perencanaan; 7) impedansi : maksimal 15 %; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
 - c) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar

internasional atau nasional tertentu; atau

4. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

Sistem Katenari 3.1.2

a. Fungsi

Sistem katenari berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sistem penyulang ke kereta api listrik.

- b. Jenis
 - a. Kawat kontak;
 - b. Penggantung/Hanger,
 - c. Steadying equipment;
 - d. Pull of equipment;
 - e. Peralatan penegang otomatis/automatic tensioning device terdiri atas:
 - 1. tipe katrol/pulley type
 - 2. spring type
 - 3. hydraulic type atau
 - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - f. Overlap section terdiri atas:
 - 1. ruas putus/ overlap air section
 - 2. ruas hubung/ overlap air joint atau
 - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - g. Section device terdiri atas:
 - 1. overlap air section;
 - 2. section insulator, atau
 - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
 - h. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. Persyaratan Penempatan

terletak di sepanjang jalur kereta api.

- d. Persyaratan Pemasangan
 - 1) Kawat kontak dipasang di atas sumbu jalan kereta api dengan range tinggi:

a) minimum : 5,15 m dari kop rel; b) standar : 5,3 m dari kop rel;

c) maksimal : 6,5 m dari kop rel;

d) gradien:

(1) jalur utama

: < 5/mil; : < 15/mil; atau (2) jalur samping

- (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) Deviasi:
 - (1) jalur lurus : 250 mm;
 - (2) lengkung : 350 mm atau;
 - (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) Penggantung/ hanger.
 - a) dipasang antara kawat pemikul dengan kawat kontak dengan interval ± 5m;
 - b) panjang penggantung minimal 15 cm; atau
 - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3) Cantilever.

 a) dipasang pada tiang melintang jalur kereta api di atas kawat pemikul;

b) jarak cantilever dari kawat pemikul minimal jarak 40 cm dengan menggunakan minimal 2 (dua) isolator; atau

 c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

4) Pull of equipment dan steadying equipment:

- a) dipasang melintang jalur kereta api untuk memegang kawat kontak;
- b) sudut antara kawat kontak dan pull off maksimal 30°; atau
- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

5) Peralatan penegang otomatis:

- a) dipasang pada akhir kawat kontak yang diikat pada tiang pematian;
- b) jarak di bawah 400 m menggunakan tipe spring dan fixed;

c) jarak 400 m - 600 m menggunakan 2 tipe spring;

d) jarak 600 m - 800 m menggunakan tipe katrol dan fixed;

e) jarak 800 m ke atas menggunakan tipe katrol; atau

 f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

6) Overlap section

- a) Ruas putus/ overlap air section
 - (1) dipasang di depan catu daya atau di lintas di antara 2 catu daya;
 - (2) di ujung wesel masuk stasiun;

(3) dipasang di belakang sinyal; atau

(4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b) Ruas hubung/overlap air joint

- dipasang pada ujung pematian kawat kontak dan kawat pemikul selain air section;
- (2) antara kawat kontak dan kawat pemikul dipasang connector; atau
- (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu;
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

e. Persyaratan Teknis

1) Kawat kontak

a) bahan : minimal tembaga paduan

b) ukuran : sesuai perencanaan untuk AC;

c) konduktivitas : minimal 80 %; d) kekuatan Tarik : minimal 25 kN

e) kemampuan panas penghantar/

thermal stability : minimum 15° C; atau

- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) Penggantung

a) Bahan : minimal tembaga;

b) Ukuran : sesuai kapasitas yang direncanakan;

c) Jenis : wire;

- d) Bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
- e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- 3) Peralatan pemegang kawat kontak/steadying equipment
 - a) bahan : sesuai dengan desain rencana;
 - b) ukuran : sesuai dengan desain rencana;
 - c) bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 4) Peralatan pemegang kawat kontak/pull off equipment
 - a) bahan : sesuai dengan desain rencana;
 - b) ukuran : sesuai dengan desain rencana;
 - c) bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 5) Peralatan penegang otomatis
 - a) Peralatan penegang otomatis tipe katrol
 - (1) bahan pulley : minimal besi tuang/iron Castings; (2) ukuran : sesuai dengan desain rencana; (3) bentuk : sesuai dengan desain rencana;
 - (4) pulley ratio : maksimal 1 : 5;
 - (5) tali penarik : diameter sesuai beban;
 - (6) bahan tali penarik: baja anti karat; atau
 - (7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - b) Automatic tension device spring type
 - (1) bahan spring : minimal baja/ steel,
 - (2) bahan tabung : minimal carbon steel,
 - (3) tensioning strength: sesuai beban;
 - (4) efisiensi : 97 %; atau
 - (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - c) Automatic tension device hydraulic type
 - (1) bahan : minimal besi tuang/ iron castings; (2) ukuran : sesuai dengan desain rencana;
 - (3) bentuk : sesuai dengan desain rencana;
 - (4) ratio : maksimal 1: 5;
 - (5) tali penarik : diameter sesuai beban;
 - (6) bahan tali penarik: baja anti karat; atau
 - (7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
 - d) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 6) Sectioning device
 - a) ruas putus/overlap air section
 - (1) jarak span : minimal 50 m;
 - (2) jarak antara dua kawat yang sejajar : 40 cm;
 - (3) jarak antara kawat vertical : 20 cm; atau
 - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu standar internasional atau nasional tertentu.
 - b) ruas hubung/overlap air joint
 - (1) jarak span : minimal 40 m;
 - (2) jarak antara dua kawat yang dipisahkan : 15 cm;
 - (3) jarak antara kawat vertikal : 30 cm; atau
 - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - c) section insulator
 - pembagian seksi tegangan pada kawat pemikul dengan menggunakan isolator;
 - (2) pembagian seksi tegangan pada kawat kontak dengan menggunakan Segmented Insulator untuk menghindari tegangan tembus; atau

- (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional ataunasional tertentu; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

f. Persyaratan Operasi

- Sistem katenari dirancang dengan menyesuaikan kondisi iklim dan kondisi meteorologi.
- 2) Sistem katenari dirancang dengan mempertimbangkan Tekanan katenari terhadap jenis pantograph pada sarana kereta api.
- 3) Peralatan komponen sistem katenari memenuhi persyaratan kehandalan dan keamanan serta memiliki kekuatan mekanis, elektris, dan memiliki keselamatan kinerja yang memadai sesuai dengan kondisi lingkungan.
- Dapat beroperasi minimal sesuai dengan umur teknis yang telah ditentukan dalam desain; atau
- 5) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.1.3 Sistem Rail Conductor / Rigid Catenary

3.3.3.1 Fungsi

Sistem rail conductor / rigid catenary berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dan sistem penyulang ke kereta api kecepatan tinggi

3.3.3.2 Jenis

sistem rail conductor dapat terdiri atas:

- a. Overhead conductor rail
 - 1. conductor rail profile; dan
 - 2. trolley wire/ kawat kontak.
- b. Pemegang conductor rail/pull off/steadying equipment;
- c. Peralatan pemisah/sectioning device/section insulator,
- d. Conductor rail joint; atau
- e. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.3.3 Persyaratan Penempatan

penempatan sistem rail conductor terdiri atas:

- a. Overhead conductor rail, terletak di atas sepanjang jalan kereta api kecepatan tinggi;
- Pemegang conductor rail, terletak antara conductor rail profile dengan bagian penggantung;
- Peralatan pemisah, terletak pada pemisah antar section overhead conductor rail;
- d. Conductor rail joint, terletak pada persambungan antar overhead conductor rail; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3,3,4 Persyaratan Pemasangan

Pemasangan sistem rail conductor sebagai berikut:

a. Overhead conductor rail

dipasang dengan digantung pada sepanjang jalan kereta api dan dipegang oleh pemegang conductor rail pada setiap penggantung dengan ketentuan:

- 1. tinggi minimal : 515 cm; 2. tinggi nominal : 530 cm; 3. tinggi maksimal : 650 cm;
- gradient/kemiringan : 5 % untuk jalur utama 15 % untuk jalur samping;
- 5. deviasi maksimum : 25 cm untuk jalur lurus, 35 cm untuk jalur lengkung; atau
 - 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar

internasional atau nasional tertentu.

b. Pemegang conductor rail

Dipasang pada struktur dengan isolator atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

c. Peralatan pemisah (sectioning device) / section insulator

- dipasang pada pertemuan 2 titik akhir conductor rail untuk memisahkan sistem suplai catu daya;
- 2. dipasang di lintas di antara 2 (dua) catu daya;

3. pada wesel di dalam emplasemen; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

d. Conductor rail joint

- a) Dipasang pada pertemuan 2 (dua) titik akhir persambungan conductor rail;
- b) Dilengkapi dengan sistem penguncian yang menjamin kestabilan terhadap getaran dan benturan; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.3.5 Persyaratan Teknis

a. Overhead conductor rail harus memenuhi persyaratan:

a) Bahan : paduan aluminium;

b) ukuran : sesuai hasil perhitungan;

c) konduktivitas : sesuai kebutuhan; atau

- d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Pemegang conductor rail (steadying equipment) harus memenuhi persyaratan:
 - a) bahan : aluminium kombinasi; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. Peralatan pemisah berupa section insulator harus memenuhi persyaratan:

a) failing load : minimal 32 kN;

b) operation load : 10 kN; atau

- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 4. Conductor rail joint harus memenuhi persyaratan:

a) bahan pengikat : aluminium alloy, atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.1.4 Fasilitas Pendukung

3.3.4.1 Fungsi

fasilitas pendukung berfungsi untuk mendukung beroperasinya peralatan transmisi tenaga listrik.

3.3.4.2 Jenis

- a. Tiang/pole;
- b. Pole band;
- c. Batang penyangga/beam;
- d. Cantilever,
- e. Insulator;
- f. Temberang/guy wire; atau
- g. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.4.3 Persyaratan Penempatan

Terletak di sepanjang jalur kereta api kecepatan tinggi.

3.3.4.4 Persyaratan Pemasangan

a. Tiang dipasang dalam ruang bebas sebelah kanan atau kiri jalur kereta api minimal:

- 1. dari sumbu track minimal 2,75 m, normal 3 m;
- 2. jarak antara tiang ke tiang maksimum 65 m; atau
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Pole band dipasang pada tiang;
- Batang penyangga dipasang pada tiang tegak lurus jalur kereta api;
- d. Isolator dipasang pada beam dan tiang sebagai penggantung dan/atau pemegang transmisi tenaga listrik;
- e, Temberang dipasang pada tiang-tiang yang membutuhkan kestabilan; atau
- Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.4.5 Persyaratan Teknis

- a. Tiang:
 - 1. bahan : beton komposit dan/atau baja galvanis;
 - 2. diameter : sesuai perencanaan perhitungan beban;
 - 3. bending : sesuai perencanaan perhitungan beban;
 - 4. tinggi : minimal 7,5 m; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Pole band:
 - bahan ; plat baja galvanis, ukuran sesuai dengan perencanaan;
- 2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
- fastening torsi : sesuai dengan ukuran baut berdasarkan perhitungan perencanaan;
- 4. ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. Batang penyangga:
 - bahan : baja siku ukuran sesuai perencanaan;
 - 2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
 - fastening torsi : sesuai dengan ukuran baut berdasarkan perhitungan perencanaan;
 - ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. Cantilever:
 - bahan : baja bulat dan/atau paduan aluminium ukuran sesuai perencanaan;
 - 2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
 - 3. bending moment: sesuai ukuran perencanaan;
 - 4. ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau
 - sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. Isolator:
 - bahan : minimal porselen;
 - bahan pengikat Isolator : minimal iron casting

galvanis ≥50mg/cm2;

- ukuran : sesuai desain perencanaan;
- electro mechanical : sesuai desain perencanaan;
- sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. Temberang:
 - bahan ; kawat baja/Steel wire;
 - ukuran : sesuai desain perencanaan;
 - 3. sudut pemasangan : minimal 45°; atau

- 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- g. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3:1.5 Proteksi

a. Fungsi

Proteksi berfungsi untuk melindungi peralatan transmisi tenaga listrik dari tegangan dan arus lebih.

- b. Jenis
 - 1. Kawat pentanahan atas;
 - 2. Arrester,
 - 3. Sistem pentanahan; atau
 - 4. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. Persyaratan Penempatan

Terletak di sepanjang jalur kereta api kecepatan tinggi.

- d. Persyaratan Pemasangan
 - Kawat pentanahan atas
 - a) Dipasang pada Struktur jaringan yang paling atas dengan sudut proteksi 45°;
 - b) Dilengkapi dengan sistem pentanahan pada masing-masing
 - c) di antara interval 250 m dilengkapi dengan tanduk api/arching horn; atau
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - 2.
 - a) dipasang pada feeder wire dengan interval maksimal 500
 - b) dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan interval maksimal 500 m; atau
 - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - Sistem pentanahan/grounding device
 - a) Pentanahan terpasang dengan menggunakan batang pentanahan/grounding rod dengan kedalaman minimal 3 m;
 - b) Pada titik pentanahan harus menggunakan tiang beton;
 - c) Pemasangan penyalur kabel pentanahan melalui lubang pada tiang beton (tersembunyi); atau
 - d) Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
 - 4. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. Persyaratan Teknis
 - Kawat pentanahan atas: 1.
 - bahan : Steel wire galvanized; b) Luas penampang : minimal 50 mm2;

 - : 45°; atau c) sudut proteksi
 - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
 - Arrester. 2.

Harus mampu meneruskan tegangan kerja/surge voltage dan tegangan Impulse tanpa menimbulkan kerusakan peralatan,

- peralatan pentanahan:
 - Bahan : minimal batang tembaga;
 - Nilai tahanan pentanahan: maksimal 5 Ω; atau
 - Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- 4. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar

internasional atau nasional tertentu.

3.1.6 Jaringan Distribusi Daya

3.3.6.1 Fungsi

Jaringan distribusi daya berfungsi untuk penggerak peralatan listrik bagi sistem persinyalan, telekomunikasi dan fasilitas penunjang yang lain.

3.3.6.2 Jenis

Jaringan distribusi daya dapat berupa:

- a. OE wire
- b. Kabel; atau
- c. Sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.6.3 Persyaratan Penempatan

Terletak di sepanjang jalur kereta api kecepatan tinggi.

3.3.6.4 Persyaratan Pemasangan

Jaringan distribusi daya dipasang di sepanjang jalur kereta api di sebelah luar tiang atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3.3.6.5 Persyaratan Teknis

1) Jaringan distribusi daya yang berupa *OE wire* harus memenuhi persyaratan:

1. tegangan nominal : sesuai tegangan distribusi;

bahan : minimal tembaga;
 ukuran : sesuai kebutuhan;

4. isolasi : minimal dilengkapi pelindung

wire; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2) Jaringan distribusi daya yang berupa kabel harus memenuhi persyaratan:

Bahan : minimal aluminium/tembaga;

ukuran ; sesuai kebutuhan;

tensi/load : sesuai kapasitas perencanaan;

4. isolasi : minimal PE; atau

 sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu

PEDOMAN PELAKSANAAN PENGUJIAN JALUR DAN BANGUNAN KERETA API PADA KERETA API KECEPATAN TINGGI

- Pedoman pelaksanaan pengujian jalur dan bangunan kereta api pada kereta api kecepatan tinggi berikut dimaksudkan sebagai acuan Penguji dalam membuat form pengujian serta dibuat terpisah dari Peraturan Menteri ini.
- 2. Uji Pertama
 - a. Uji Rancang Bangun
 - 1) Uji Rancang Bangun Dokumen
 - Uji rancang bangun dokumen adalah uji kesesuaian dokumen rancang bangun, dimana dokumen rancang bangun paling sedikit meliputi:
 - a) Dokumen rencana operasi dan kriteria desain yang telah mendapat pengesahan dari Pemohon
 - b) Dokumen spesifikasi teknis yang telah mendapat pengesahan dari Direktur Jenderal cq. Direktur Teknis di bidang Perkeretaapian
 - c) Gambar desain rinci atau review desain teknis yang telah mendapat pengesahan dari Direktur Jenderal cq. Direktur Teknis di bidang Perkeretaapian
 - d) Dokumen perhitungan teknis teknis yang telah mendapat pengesahan dari Direktur Jenderal cq. Direktur Teknis di bidang Perkeretaapian
 - e) Gambar hasil pelaksanaan atau as built drawing yang telah ditandatangani oleh Penanggung Jawab Proyek
 - f) Dokumen perubahan jika ada
 - 2) Uji Rancang Bangun Fisik
 - Uji rancang bangun fisik adalah uji kesesuaian fisik/prasarana terbangun dengan desain dan persyaratan teknis. Kesesuaian fisik dapat dibuktikan melalui pemeriksaan lapangan dan laporan hasil pengujian. Lingkup uji rancang bangun fisik paling sedikit meliputi:
 - a) Jalan rel
 - (1) Sistem
 - (a) Konstruksi jalan rel bagian atas
 - (b) Konstruksi jalan rel bagian bawah
 - (c) Sistem drainase
 - (2) Komponen
 - (a) Badan jalan
 - (b) Balas
 - (c) Bantalan
 - (1) Bantalan beton
 - (2) Bantalan sintetis dan/ atau
 - (3) Slabtrack (Plinth/ Embedded/ Full Slab)
 - (d) Sistem penambat (Fastening system)
 - (e) Rel
 - (f) Wesel
 - b) Jembatan
 - (1) Sistem
 - (a) Ruang bebas
 - (b) Tipe jembatan
 - (c) Pembebanan
 - (d) Lendutan
 - (e) Daya dukung
 - (f) Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian atas dan bawah
 - (g) Tinggi jagaan (free board)
 - (h) Fasilitas pendukung
 - (2) Komponen
 - (a) Konstruksi jembatan bagian atas
 - (b) Konstruksi jembatan bagian bawah
 - (c) Konstruksi pelindung jembatan.
 - c) Terowongan
 - (1) Sistem

- (a) Ruang bebas dan dimensi terowongan
- (b) Geometri terowongan
- (c) Pembebanan konstruksi terowongan
- (2) Komponen
 - (a) Portal
 - (b) Dasar terowongan (invert)
 - (c) Dinding terowongan (lining)
 - (d) Beton tembak (shotcrete)
 - (e) Baja penyangga
 - (f) Baut batuan (rockbolt)
- d) Stasiun
 - (1) Emplasemen stasiun
 - (2) Bangunan stasiun
 - (3) Fasilitas pendukung
- b. Uji Fungsi

Uji fungsi adalah uji kesesuaian antara persyaratan teknis, desain dan fungsi prasarana dalam rangka mengkonfirmasi kelaikan operasional. Persyaratan kelaikan operasional merupakan persyaratan kemampuan prasarana perkeretaapian sesuai dengan rencana operasi perkeretaapian, paling sedikit meliputi persyaratan:

- 1) Beban gandar
- 2) Kecepatan
- 3) Frekuensi
- 4) Ruang bebas
- 5) Kapasitas peron
- 6) Kapasitas stasiun
- 3. Uji berkala
 - Uji Berkala dilaksanakan melalui Uji Fungsi
 - Pedoman pelaksanakan Uji Fungsi pada Uji Berkala sebagaimana pedoman pelaksanaan Uji Fungsi pada Uji Pertama
- 4. Ketentuan ketentuan lain yang belum diatur dalam pedoman pelaksanaan pengujian ini akan diatur kemudian dengan menyesuaikan pada standar nasional/ internasional yang berlaku, serta dapat digunakan sebagai data dukung pelaksanaan pengujian

TATA CARA PENGUJIAN FASILITAS OPERASI KERETA API KECEPATAN TINGGI

A. UJI PERTAMA

1. Uji Rancang Bangun

a. Uji rancang bangun dilakukan untuk memastikan fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi yang baru di bangun telah sesuai antara spesifikasi teknis dan desain dengan kondisi di lapangan.

b. Uji rancang bangun terdiri dari:

1) uji tipe atau uji kualitas dilakukan terhadap sistem dan komponen yang digunakan pada pembangunan fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi. Uji tipe atau uji kualitas dilaksanakan terhadap sistem dan komponen meliputi verfikasi dan validasi produk.

2) uji kesesuaian dilakukan terhadap setiap fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi yang baru dibangun dengan membandingkan antara

spesifikasi teknis dan desain dengan fisik di lapangan.

2. Uji Fungsi:

a. Uji fungsi dilakukan untuk memastikan fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi yang dibangun berfungsi dengan baik sesuai dengan

standard yang ditetapkan.

Standard sebagaimana yang dimaksud pada huruf a mengacu pada peraturan perundang-undangan yang berlaku, standard Nasional Indonesia dan standard Internasional yang berkaitan, serta desain dan spesifikasi teknis yang digunakan.

Uji fungsi fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi terdiri dari:

Peralatan Persinyalan Uji fungsi peralatan persinyalan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Uii Fungsi Peralatan Persinyalan

No.	Jenis Pengujian	Uraian
1.	uji negative check	Uji negative check peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan penguncian/ interlocking persinyalan terjamin kehandalan dan keamanannya serta berfungsi sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji negative check dilakukan dengan cara membentuk rute-rute yang terdapat pada tabel penguncian/ interlocking table secara bersamaan satu terhadap lainnya.
2.	uji indikasi pelayanan	Uji indikasi pelayanan peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan semua indikator yang ada pada panel pelayanan beroperasi sesuai fungsinya masing-masing sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji indikasi pelayanan dilakukan dengan cara memfungsikan dan menonaktifkan semua fungsi indikator pada panel pelayanan dan memeriksa kesesuaian dengan kondisi lapangan, meliputi: a. indikasi dari rute kereta api kecepatan tinggi yang dibentuk; b. indikasi pendeteksi sarana, peraga sinyal, wesel dan blok;

No.	Jenis Pengujian	Uraian	
		 c. indikasi pelayanan darurat/ downgrade system; d. indikasi peralatan persinyalan; e. indikasi kondisi catu daya; dan f. Indikasi-indikasi lain yang terdapat pada panel pelayanan 	
3.	uji akurasi	Uji akurasi peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan bahwa proses pembentukan rute kereta api kecepatan tinggi dan peralatan persinyalan yang berkaitan dilakukan dengan tepat sesuai tabel rute (rute table) sebagai persyaratan suatu rute terbentuk dengan aman sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji akurasi dilakukan dengan cara pemeriksaan rute yang terbentuk, meliputi: a. pembentukan rute sesuai tujuan b. deteksi sarana pada rute yang terbentuk; c. akurasi pembentukan aspek peraga sinyal; dan d. akurasi pembentukan arah wesel (point machine) saat diberi ganjalan	
4.	uji data logger	pada lidah wesel. Uji data logger peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan data logger dapat merekam aktifitas pelayanan perjalanan kereta ap kecepatan tinggi sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji data logger dilakukan dengan cara memeriksa file penyimpanan pada logger meliputi: a. pemeriksaan jangka waktu file tersimpan; b. hasil cetak aktifitas pelayanan kereta api kecepatan tinggi; c. pengecekan play back rekaman secan visual; dan d. kesesuaian waktu rekaman dengan	
5.	uji catu daya	kondisi riil. Uji catu daya peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan ketersediaan catu daya yang tak terputus untuk mengoperasikan peralatan persinyalan sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji catu daya dilakukan dengan cara mengoperasikan supply catu daya utama catu daya cadangan dan catu daya darurat secara manual dan/ atau secara	
6.	uji jarak tampak	otomatis Uji jarak tampak peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan peraga sinyal dapat menunjukkan indikasi aman	

No.	Jenis Pengujian	Uraian
7.	wii sistem	atau tidak aman dengan jelas dalam segala cuaca baik siang hari maupun malam hari, dan harus terlihat oleh masinis kereta api kecepatan tinggi yang datang mendekati sinyal dari jarak tampak tertentu sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji jarak tampak dilakukan dengan cara pemeriksaan visual indikasi peraga sinyal pada jarak yang dipersyaratkan. Uji sistem pentanahan peralatan
	uji sistem pentanahan	persinyalan dilakukan untuk memastikan sistem pentanahan yang digunakan berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji sistem pentanahan dilakukan dengan cara mengukur nilai tahanan pentanahan.
8.	Uji ATP/ATO/ATC/ ATS	Uji ATP/ATO/ATC/ATS peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan sistem ATP/ATO/ATC/ATS yang terpasang berfungsi dengan baik untuk mengamankan, mengoperasikan, mengendalikan dan mengawasi perjalanan kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji ATP/ATO/ATC/ATS peralatan persinyalan dilakukan dengan cara: a. memeriksa dan memfungsikan peralatan pembentuk sistem ATP/ATO/ATC/ATS; dan b. memfungsikan sistem ATP/ATO/ATC/ATS dengan menggunakan sarana kereta api kecepatan tinggi yang telah terpasang onboard unit.
9.	Uji radio blok system (RBS)	Uji radio blok system (RBS) peralatan persinyalan dilakukan untuk memastikan komunikasi blok berbasis frekuensi radio dapat memberikan informasi/ komunikasi tak terputus antara kontrol pusat, kontrol stasiun dan onboard sarana yang akan digunakan untuk menentukan pergerakan kereta api kecepatan tinggi pada sistem moving blok sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji radio blok system (RBS) dilakukan dengan cara memeriksa dan memfungsikan: a. saluran komunikasi radio yang digunakan; b. peralatan yang terpasang pada jalur kereta api kecepatan tinggi; c. peralatan yang terpasang pada sarana kereta api kecepatan tinggi; dan d. sistem kontrol pusat, kontrol stasiun dan onboard sarana.

No.	Jenis Pengujian	Uraian
dilak penge penge SCAI denge Uji S dilak a. m ja b. m vii		Uji SCADA peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan pengendalian, pengawasan serta pengolahan data pada semua fitur sistem SCADA berfungsi dengan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan Uji SCADA peralatan persinyalan dilakukan dengan cara: a. mengoperasikan pengendalian jarak jauh; b. monitoring indikasi SCADA secara visual; dan c. pemeriksaan pengambilan data telah sesuai dengan event riil.
11.	Uji Platform Screen Door (PSD)	Uji Platform Screen Door (PSD) dilakukan untuk memastikan peralatan pintu pada sarana dan pada peron berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji PSD Terdiri dari: a. PSD yang terhubung dengan persinyalan; dan b. PSD yang tidak terhubung dengan persinyalan Uji Platform Screen Door (PSD) dilakukan dengan cara: a. mengoperasikan Platform Screen Door (PSD) secara normal; dan b. mengoperasikan Platform Screen Door (PSD) dengan memberikan gangguan.
12.	Uji peralatan pendukung persinyalan	Uji peralatan pendukung persinyalan dilakukan untuk memastikan sistem peralatan sistem pendukung persinyalan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan Uji peralatan pendukung persinyalan dilakukan terhadap fungsi-fungsi dari setiap peralatan (persinyalan dan telekomunikasi) yang digunakan untuk membentuk sistem peralatan pendukung persinyalan.

Peralatan Telekomunikasi Uji fungsi peralatan telekomunikasi dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Uji Fungsi Peralatan Telekomunikasi

No.	Jenis Pengujian	Uraian	
1.	Uji panggilan selektif	Uji panggilan selektif peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan tujuan panggilan peralatan pesawat telekomunikasi telah sesuai dengan tujuan yang diinginkan dan berfungsi sesuai dengan standard yang ditetapkan Uji panggilan selektif dilakukan dengan cara melakukan panggilan dan memeriksa kesesuaian tujuan panggilan.	

No.	Jenis Pengujian	Uraian		
2.	Uji perekam suara	Uji perekam suara peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan peralatan perekam suara dapat merekam seluruh percakapan dalam pengoperasian perjalanan kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji perekam suara dilakukan dengan cara memeriksa file penyimpanan meliputi: a. pemeriksaan jangka waktu file tersimpan; b. pengecekan play back rekaman; dan c. kesesuaian waktu rekaman dengan kondisi riil.		
3.	Uji sistem pentanahan	Uji sistem pentanahan peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan sistem pentanahan yang digunakan berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji sistem pentanahan dilakukan dengan cara mengukur nilai tahanan pentanahan		
4.	Uji sistem media transmisi telekomunikasi	Uji sistem media transmisi peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan data yang terkirim dapat diterima disisi penerima sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji sistem media transmisi peralatan telekomunikasi dilakukan dengan cara membandingkan kualitas data pada sisi pengirim dengan data yang diterima pada sisi penerima.		
5.	Uji kejelasan informasi atau suara yang diterima	Uji kejelasan informasi atau suara peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan informasi atau suara yang dikirimkan dapat diterima dengan jelas pada sisi penerima sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji kejelasan informasi atau suara yang diterima dilakukan dengan cara: a. Pemeriksaan kejelasan dan kesesuaian informasi yang dikirim dan diterima secara visual; b. kejelasan dan intensitas suara dengan menggunakan alat ukur kualitas suara.		
6.	Uji SCADA	Uji SCADA peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan pengendalian, pengawasan serta pengolahan data pada semua fitur sistem SCADA berfungsi dengan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan Uji SCADA peralatan telekomunikasi dilakukan dengan cara: a. mengoperasikan pengendalian jarak jauh; b. monitoring indikasi SCADA secara visual; dan		

No.	Jenis Pengujian	Uraian
		 c. pemeriksaan pengambilan data telah sesuai dengan event riil.
7. Uji Kamera Pemantau		Uji kamera pemantau peralatan telekomunikasi dilakukan untuk memastikan sistem kamera pemantau yang terpasang berfungsi dengan baik sesuai standard yang ditetapkan Uji kamera pemantau peralatan telekomunikasi dilakukan dengan cara a. visual dengan melihat tampilan pada layar monitor; b. memeriksa file rekaman; c. kesesuaian waktu (riil time).
8. Uji Passenger Uji F Information dilak Display (PID) dapa dan ditet Uji F pem		Uji Passenger Information Display (PID) dilakukan untuk memastikan sistem PID dapat memberikan informasi yang jelas dan tepat sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji PID dilakukan dengan cara pemeriksaan visual informasi yang ditampilkan

3)

Instalasi Listrik Uji fungsi peralatan instalasi listrik dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Uji Fungsi Instalasi Listrik

No.	Jenis Pengujian	Uraian	
1.	Uji stabilitas sistem tegangan	Uji stabilitas sistem tegangan instalasi listrik dilakukan untuk memastikan tegangan masukan dan keluaran gardu traksi yang stabil untuk mengoperasikan sarana kereta api kecepatan tinggi sesua dengan standard yang ditetapkan. Uji stabilitas sistem tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan menggunakan alat volt meter true RMS.	
2.	Uji keausan kawat trolly	Uji keausan kawat trolly instalasi listrik dilakukan untuk memastikan diameter kawat trolly yang terpasang sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji keausan kawat trolly dilakukan dengan mengukur ketebalan kawat trolly menggunakan alat ukur.	
3.	Uji sistem pentanahan	Uji sistem pentanahan instalasi listrik dilakukan untuk memastikan sistem pentanahan yang digunakan berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji sistem pentanahan dilakukan dengan cara mengukur nilai tahanan pentanahar	
4.	Uji SCADA	Uji SCADA instalasi listrik dilakukan untuk memastikan pengendalian, pengawasan serta pengolahan data pada semua fitur sistem SCADA berfungsi dengan baik sesuai dengan standar yang ditetapkan	

No.	Jenis Pengujian	Uraian	
		Uji SCADA instalasi listrik dilakukan dengan cara : a. mengoperasikan pengendalian jarak jauh; b. monitoring indikasi SCADA secara visual; dan c. pemeriksaan pengambilan data telah sesuai dengan event riil.	
	Uji Sistem Linked Breaking Device (LBD)	Uji Sistem Linked Breaking Device (LBD) instalasi listrik dilakukan untuk memastikan apabila salah satu pemutus daya cepat (HSCB) catu daya trip maka pemutus daya cepat (HSCB) catu daya yang berhubungan/ berpasangan akan trip secara otomatis dan sistem Linked Breaking Device (LBD) berfungsi sesuai dengan standard yang ditetapkan. Uji Linked Breaking Device (LBD) dilakukan dengan cara men-tripkan salah satu pemutus daya cepat HSCB pada: a. dua gardu traksi yang bersebelahan; dan/ atau b. dua gardu traksi dengan gardu traksi diantaranya dalam kondisi di bypass.	

B. UJI BERKALA

 Uji berkala dilaksanakan terhadap setiap fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi melalui uji fungsi untuk memastikan fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi yang dioperasikan berfungsi dengan baik sesuai dengan standard yang ditetapkan.

2. Tata cara pengujian uji fungsi pada uji berkala dilaksanakan sebagaimana

uji fungsi pada uji pertama.

8. PEDOMAN PELAKSANAAN PENGUJIAN FASILITAS OPERASI KERETA API KECEPATAN TINGGI

 Pedoman pelaksanaan pengujian fasilitas operasi kereta api kecepatan tinggi berikut dimaksudkan sebagai acuan Penguji dalam membuat form Uji dan dibuat terpisah dari Peraturan Menteri ini.

2. Uji Pertama

a. Uji Rancang Bangun Uji rancang bangun dilakukan dengan cara membandingkan kesesuaian desain dan spesifikasi teknis dengan hasil yang terbangun dilapangan melalui kesesuaian persyaratan penempatan, persyaratan pemasangan dan persyaratan teknis.

b. Uji Fungsi

1) Uji Fungsi peralatan persinyalan sebagai berikut :

Jenis	Pengujian Peralatan Persinyalan	Hasil		Keterangar
		Standar	Pengujian	
	tiap rute dalam interlocking route table terhadap semua rute dalam interlocking route table yang sama,			
	atau minimal meliputi: 1. Antara rute KA masuk dengan		_	-
	rute KA masuk berlawanan arah			
	Antara rute KA masuk dengan			-
	rute KA berangkat yang searah			
	3. Antara rute KA masuk dengan			
Negative Check	rute KA berangkat berlawanan arah			
	Antara rute KA berangkat dengan rute KA berangkat yang searah ke jalur yang sama			
	Antara rute KA dengan rute langsir yang searah ke jalur yang sama			
	 Antara rute langsir dengan rute langsir yang searah ke jalur yang sama 			
	indikasi-indikasi yang terdapat pada panel pelayanan sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal meliputi:			
	indikasi rute dan pelayanan			
	kereta api kecepatan tinggi			-
	indikasi pendeteksi sarana			
	indikasi wesel			
ndikasi	indikasi peraga sinyal			
Pelayanan	5. indikasi blok			
ciayanan	6. Tombol pelayanan rute			
	7. Tombol pelayanan sinyal			
	8. Tombol pelayanan wesel			
	9. Alat Penghitung pelayanan darurat			
	10.Saklar Pengatur pelayanan secara terpusat atau lokal 11.Indikator gangguan & alarm			
	indikasi-indikasi yang terdapat pada panel pelayanan sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal meliputi:			
	1. Status/Mode Operasi			
	2. Kecepatan Aktual			
Indikasi				
Pelayanan	3. Pembatas Kecepatan	-	-	
On board	4. Otoritas Pergerakan			-
	5. Aspek Sinyal			
	Indikasi petak blok		1	*Perlu
	7. Status Geografis Jalur	Status Geografis Jalur		referensi kereta cepat lainnya
	8. Mode level sistem kontrol			1
	Dapat membentuk rute, antara lain:			
Akurasi	a. Rute kereta api kecepatan tinggi			
. III GI	b. Rute darurat	11		
	c. Rute langsir			
			-	+

	a. Track section terduduki sarana	
	sesuai kondisi riil b. Track section tak terduduki	
	sarana sesuai kondisi riil	
	 Pembentukan aspek peraga Sinyal 	
	 a. aspek peraga sinyal terbentuk sesuai pelayanan 	
	 b. lamp proving pada sinyal utama selain sinyal langsir 	
	 Pelayanan pergerakan lidah Wesel 	
	a. Lebar bukaan lidah wesel	
	b. Ganjalan pada lidah wesel c. Posisi akhir lidah wesel dapat terkunci/ terkancing dan terdeteksi pada penel pelayanan	
	1. File (softcopy)	
	a. Dapat diunduh b. Tersimpan dengan jangka waktu	
	c. tertentu	
Data Logger	d. Dapat diputar ulang	
-	2. Cetak (hardcopy)	
	a. Memiliki fasilitas mesin printer	
	b. Memiliki fasilitas kertas printer	
	Kesesuaian waktu rekaman dengan kejadian riil	
	Catu daya utama dilengkapi UPS Catu daya darurat dengan batere minimal mampu beroperasi selama waktu yang ditentukan sesuai spesifikasi teknis	
Uji catudaya	3. Catu daya cadangan dengan daya genset berkapasitas minimal sesuai spesifikasi teknis atau sumber lain yang dapat menjamin sebagai catu daya cadangan	
	Perpindahan sistem catu daya dari catudaya utama, catu daya darurat ke catu daya cadangan secara otomatis	
	1. sinyal utama	
	a. Sinyal masuk	
	b. Sinyal berangkat	
	c. Sinyal blok	
	d. Sinyal langsir	
	e. Sinyal darurat	11 2 2 2 1 1 1 2 2 2 1 2 2
	2. sinyal pembantu	
Jarak	a. sinyal muka	
tampak	b. sinyal pendahulu	
	c. sinyal pengulang	
	sinyal pelengkap a. sinyal penunjuk batas kecepatan	
	b. sinyal penunjuk arah c. sinyal penunjuk berjalan ke arah kiri	
	4. way side signal lainnya	
	5. Sinyal kabin/Cab Signal	

	Pengukuran sistem pentanahan sesuai desain dan spesifikasi teknis atau minimal berupa :	
	nilai tahanan pentanahan peraga sinyal	
Sistem	nilai tahanan pentanahan track sirkit	
Pentanahan	nilai tahanan pentanahan axle counter	
	nilai tahanan pentanahan peralatan persinyalan digedung ER	
	nilai tahanan pentanahan proteksi petir pada gedung ER	
	1. sinyal utama	
	a. Sinyal masuk	
	b. Sinyal berangkat	
	c. Sinyal blok	
	d. Sinyal langsir	
	e. Sinyal darurat	
	2. sinyal pembantu	
P		1
Ruang Bebas	a. sinyal muka	
bebas	b. sinyal pendahulu	
	c. sinyal pengulang	
	3. sinyal pelengkap	
	 a. sinyal penunjuk batas kecepatan 	
	b. sinyal penunjuk arah c. sinyal penunjuk berjalan ke arah kiri	
	4. Wayside signal lainnya	
	penempatan balis sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis	
	a. di depan sinyal utama yang dilindungi ATP	
	b. ditempat tertentu dengan pembatasan kecepatan	
	balis dapat mengirimkan informasi dan dapat diterima oleh onboard unit pada sarana	
Uji ATP	3. uji sistem ATP dengan menggunakan sarana kereta api kecepatan tinggi yang telah terpasang onboard unit dengan mode operasi sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis,	
	atau minimal mode operasi :	
	a. service brake dengan alarm	
	b. emergency brake dan berhenti	
	di tempat yang ditentukan	
	c. by pass sistem ATP	
	sarana kereta api kecepatan	
	tinggi dapat menyesuaikan	
	dengan profil/ mode ATP 2. uji sistem ATO dengan	
Uji ATO	menggunakan sarana kereta api kecepatan tinggi yang telah	
	terpasang <i>onboard</i> unit dengan mode operasi sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis	
Uji ATC	sarana kereta api kecepatan tinggi dapat menyesuaikan	

	 uji sistem ATC dengan menggunakan sarana kereta api kecepatan tinggi yang telah terpasang onboard unit dengan mode operasi sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dapat melakukan: 	
	 a. sarana kereta api kecepatan tinggi berjalan sesuai dengan rute dan sinyal yang terbentuk sesuai route table yang ditetapkan 	
	b. sarana kereta api kecepatan tinggi dapat menyesuaikan dengan waktu time table apabila terjadi keterlambatan/mengkompensasi ketertinggalan waktu tempuh berdasarkan time table yang telah ditetapkan	
	dapat memberikan indikasi-indikasi pengawasan yang diperlukan pada pengaturan perjalanan kereta api kecepatan tinggi sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dapat: 1. mengindikasikan rute dan sinyal	
Uji ATS	yang terbentuk 2. mengindikasikan level interlocking/ mode ATP atau ATO	
	dapat mengidentifikasi kereta api kecepatan tinggi	
	dapat menentukan posisi kereta api kecepatan tinggi mengindikasikan alarm & gangguan	
	kualitas komunikasi radio	
	a. pengukuran redaman saluran atau membandingkan kualitas data terkirim dan diterima	
	b. dapat mengirim dan menerima informasi yang sama dan bersamaan ke kontrol pusat	
Uji RBS	c. dapat mengirim dan menerima informasi yang sama dan bersamaan ke kontrol stasiun	
	d. dapat mengirim dan menerima informasi yang sama dan bersamaan ke <i>onboard</i> sarana	
	 mengoperasikan minimal dua train set sarana dengan onboard unit secara bersama-sama dan beriringan, jarak minimal dua kereta tidak boleh kurang dari jarak pengereman atau sesuai desain 	
Uji SCADA	mengoperasikan dan memfungsikan fitur-fitur yang terdapat pada SCADA sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dengan mengoperasikan:	
	pengendalian peralatan persinyalan indikasi kondisi peralatan	
	persinyalan, kesesuaian dengan kondisi riil 3. indikasi gangguan & alarm	
	peralatan persinyalan	

	dilengkapi emergency break	
	5. logger SCADA	
Uji peralatan	memfungsikan dan menguji tiap-tiap peralatan persinyalan dan telekomunikasi pembentuk sistem peralatan pendukung persinyalan, atau minimal uji fungsi pada:	
	peralatan pengendali / pengawasan perjalanan kereta api kecepatan tinggi	
pendukung persinyalan	perangkat sistem keamanan kereta api kecepatan tinggi otomatis	
	peralatan sistem peringatan dini bencana	
	peralatan sistem pengaman perlintasan sebidang	
	mengoperasikan PSD sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dengan melakukan :	
	operasi normal pintu kereta dan pintu peron (PSD)	
THE DOD	operasi PSD dengan diberi gangguan sebelum kereta masuk stasiun	
Uji PSD	operasi PSD dengan diberi gangguan sebelum kereta berangkat dari stasiun	
	operasi PSD dengan diberi gangguan ketika kereta belum lepas stasiun sepenuhnya	
	pengujian PSD interlock dengan sistem persinyalan	
Tanggal peng	rujian:	
	Tim Penguji	Tanda Tangan
1.		
2.		
3.		
4.		

2) Uji Fungsi peralatan telekomunikasi sebagai berikut:

Jenis Pengujian Peralatan Telekomunikasi		Hasil		Keterangan
		Standar Pengujian		
Panggilan Selektif	pesawat telepon sesuai desain atau dapat berupa:			
	1. Concentrade Function Telephone			
	2. Radio Train Dispatching			
	3. Telephone Train Dispatching			
	4. Teleprinter			
	5. Telepon PPKA			
	6. Way Side (WS)			
	7. Telepon langsiran			
Perekam Suara	fungsi sesuai desain, atau sebagai berikut :			
	perekam suara di stasiun merekam pembicaraan PPKA dengan petugas langsiran, dan petugas PK/OC			

	perekam suara di PK/OC merekam pembicaraan petugas pengendali kereta api kecepatan tinggi PK/OC dengan PPKA tiap stasiun dan masinis	
	data rekaman menggunakan media penyimpanan	
	data history tersimpan dalam jangka waktu tertentu atau terhapus jika media	
	5. rekaman dapat diputar dan menunjukkan waktu start & stop pembicaraan	
	waktu yang ditunjukkan rekaman sesuai kejadian riil	
	 terdapat indikasi kerusakan file penyimpanan 	
	Pengukuran system pentanahan sesuai desain dan spesifikasi teknis, atau minimal berupa :	
Sistem	nilai tahanan pentanahan peralatan telekomunikasi di ruang ER	
pentanahan	nilai tahanan pentanahan peralatan	
	telekomunikasi di ruang Tower nilai tahanan pentanahan penangkal petir gedung ER/ Tower	
Sistem Media Transmisi	Pengukuran redaman / losses	
	Informasi, sesuai desain atau dapat berupa:	
	a. Informasi untuk penumpang pada sarana kereta api kecepatan tinggi	
	 b. Informasi untuk penumpang di stasiun 	
	pesawat telepone sesuai desain atau dapat berupa:	
Kejelasan	a. Concentrade Function Telephone	
Informasi/ Suara	b. Radio Train Dispatching	
Yang	c. Telephone Train Dispatching	
Diterima	d. Teleprinter	
	e. Telepon PPKA f. Telepon Way Side (WS)	
	g. Telepon langsiran 3. informasi pemeriksaan nomor	
	kereta sesuai desain atau dapat berupa: a. pengiriman informasi dari <i>Cab</i>	
	Integrated Radio (CIR) ke Centralized Traffic Control System (CTC)	
Uji SCADA	mengoperasikan dan memfungsikan fitur-fitur yang terdapat pada SCADA sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dengan mengoperasikan:	
	pengendalian peralatan telekomunikasi	
	indikasi kondisi peralatan telekomunikasi, kesesuaian dengan kondisi riil	

	indikasi gangguan & alarm peralatan telekomunikasi		
	4. logger SCADA		
	tampilan gambar		
	2. kejelasan suara		
IIII DID	3. fungsi tombol kontrol		
Uji PID	koneksi dengan pusat kendali PID		
	ketepatan waktu pengiriman & penerimaan informasi		
Kamera pemantau	kejelasan gambar		
	kontrol kamera pemantau dan kesesuaian target		
	koneksi dengan pusat pendali kamera pemantau		
	4. rekaman kamera pemantau		
Tanggal:	min December	m1- m	
Tim Penguji		Tanda Tangan	
1.			
2.			
3.			

3) Uji Fungsi instalasi listrik sebagai berikut:

4.

Jenis Pengujian Instalasi Listrik		Hasil		W-4
		Standar	Pengujian	Keterangan
	1. tegangan pada sisi penerima			
Stabilitas Tegangan	tegangan pada tiap-tiap panel penyulang			
	 tegangan pada DS/ keluaran tiap- tiap panel penyulang 			
	tegangan pada DS/ ujung lintasan yang disupply penyulang			
*****	1. Tinggi kawat trolley dari kop rel			
Ketinggian dan Deviasi	2. Deviasi kawat trolley dari as rel			
Kawat Trolly	a. Kiri			
	b. Kanan			
Keausan Kawat Trolly	pengukuran ketebalan kawat trolley			
	Pengukuran sistem pentanahan sesuai desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dapat berupa :			
	1. pentanahan OHGW			
Sistem	2. pentanahan arrester feeder			
pentanahan	3. pentanahan arrester DS			
	pentanahan peralatan di gardu traksi			
	5. pentanahan proteksi petir pada gardu Traksi			

Ruang bebas	Jarak tiang LAA terhadap as track sesuai desain dan spesifikasi teknis		
SCADA	mengoperasikan dan memfungsikan fitur-fitur yang terdapat pada SCADA sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis, atau minimal dengan mengoperasikan:		
	pengendalian catu daya instalasi listrik		
	indikasi kondisi instalasi listrik, kesesuaian dengan kondisi riil		
	3. indikasi gangguan & alarm instalasi listrik		
	4. dilengkapi emergency break		
	5. logger SCADA		
Tanggal:			
Tim Penguji		Tanda Tangan	
1.			
2.			
3.			
4.			

3. Uji berkala

- a. Uji Berkala dilaksanakan melalui Uji Fungsi
- b. Pedoman pelaksanakan Uji Fungsi pada Uji Berkala sebagaimana pedoman pelaksanaan Uji Fungsi pada Uji Pertama

MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BUDI KARYA SUMADI

Salinan sesuai dengan aslinya KEPALA BIRO HUKUM,

HARY KRISWANTO