



**MENTERI PERHUBUNGAN
REPUBLIK INDONESIA**

PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN

NOMOR : PM. 28 TAHUN 2011

TENTANG

PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI PERHUBUNGAN,

- Menimbang** : a. bahwa Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian telah mengatur mengenai Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api;
- b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, perlu menetapkan Peraturan Menteri Perhubungan tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api;
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 65, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4722);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 129, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5048);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 176, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5086);
4. Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
5. Peraturan Presiden Nomor 24 Tahun 2010 tentang Kedudukan, Tugas dan Fungsi Kementerian Negara serta Susunan Organisasi, Tugas dan Fungsi Eselon I Kementerian Negara sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2010;
6. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM. 60 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Perhubungan;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN TENTANG PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API.

Pasal 1

Jalur kereta api merupakan prasarana kereta api terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.

Pasal 2

Ruang manfaat jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 terdiri atas jalan rel dan bidang tanah di kiri dan di kanan jalan rel beserta ruang dikiri, kanan, atas, dan bawah yang digunakan untuk konstruksi jalan rel dan penempatan fasilitas operasi kereta api serta bangunan pelengkap lainnya.

Pasal 3

Ruang milik jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 meliputi bidang tanah di kiri dan di kanan ruang manfaat jalur kereta api yang digunakan untuk pengamanan konstruksi jalan rel.

Pasal 4

Ruang pengawasan jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 meliputi bidang tanah atau bidang lain di kiri dan di kanan ruang milik jalur kereta api digunakan untuk pengamanan dan kelancaran operasi kereta api.

Pasal 5

- (1) Persyaratan teknis jalur kereta api sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 terdiri atas:
 - a. Persyaratan sistem jalur kereta api; dan
 - b. Persyaratan komponen jalur kereta api.
- (2) Persyaratan sistem dan komponen jalur kereta api sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi :
 - a. Sistem dan komponen jalan rel;
 - b. Sistem dan komponen jembatan; dan
 - c. Sistem dan komponen terowongan.

- (3) Persyaratan sistem dan komponen jalur kereta api sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b, termuat dalam lampiran Peraturan ini.

Pasal 6

Jalur kereta api yang ada saat ini tetap dapat dioperasikan dan menyesuaikan berdasarkan ketersediaan lahan, peningkatan permintaan jasa angkutan kereta api dan terhadap pembangunan jalur kereta api yang baru wajib menyesuaikan dengan persyaratan teknis sebagaimana diatur dalam peraturan ini.

Pasal 7

Direktur Jenderal mengawasi pelaksanaan Peraturan ini.

Pasal 8

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 24 Februari 2011

MENTERI PERHUBUNGAN,

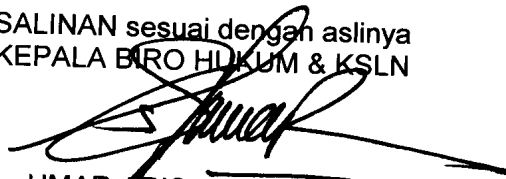
ttd

FREDDY NUMBERI

SALINAN Peraturan ini disampaikan kepada:

1. Ketua Badan Pemeriksa Keuangan;
2. Menteri Keuangan;
3. Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas;
4. Menteri BUMN;
5. Wakil Menteri Perhubungan;
6. Sekretaris Jenderal, Inspektur Jenderal, Direktur Jenderal Perkeretaapian, para Kepala Badan, dan para Staf Ahli di lingkungan Kementerian Perhubungan.

SALINAN sesuai dengan aslinya
KEPALA BIRO HUKUM & KSLN



UMAR ARIS, SH. MM, MH
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19630220 198903 1 001

PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API

1. UMUM.

1.1. Maksud dan Tujuan.

Maksud.

Peraturan ini dimaksudkan sebagai pedoman teknis bagi penyedia jalur kereta api dalam pembangunan jalur kereta api yang menjamin keselamatan dan keamanan.

Tujuan.

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

1.2. Ruang Lingkup.

1.2.1. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dalam peraturan ini hanya mengatur persyaratan jalur kereta api untuk lebar jalan rel 1067 mm dan 1435 mm.

1.2.2. 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.

1.2.3. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api .

a. Persyaratan Sistem

1. Jalan rel;
2. Jembatan; dan
3. Terowongan.

b. Persyaratan Komponen

1. Jalan rel;
2. Jembatan; dan
3. Terowongan.

1.2.4. Persyaratan Sistem.

Persyaratan sistem merupakan kondisi yang harus dipenuhi untuk berfungsinya suatu sistem.

1.2.5. Persyaratan Komponen.

Persyarat Komponen merupakan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi setiap komponen sebagai bagian dari suatu sistem.

1.3. Definisi.

1. Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
2. Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
3. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan.
4. Jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.
5. Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.
6. Sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.
7. Pengguna jasa adalah setiap orang dan/atau badan hukum yang menggunakan jasa angkutan kereta api, baik untuk angkutan orang maupun barang.
8. Angkutan kereta api adalah kegiatan pemindahan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kereta api.
9. Penyelenggara prasarana perkeretaapian adalah pihak yang menyelenggarakan prasarana perkeretaapian.
10. Menteri adalah Menteri yang tugas dan tanggungjawabnya di bidang perkeretaapian.
11. Direktur Jenderal adalah Direktur Jenderal yang tugas dan tanggung jawabnya di bidang perkeretaapian.

2. PERSYARATAN TATA LETAK, TATA RUANGAN DAN LINGKUNGAN.

2.1. UMUM.

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

2.2. Peruntukan Lokasi.

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

2.3. Pengalokasian Ruang.

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

2.3.1. 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.

2.3.2. Pengalokasian Ruang untuk Operasi.

- a. Untuk kepentingan operasi suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari:
 1. ruang bebas; dan
 2. ruang bangun
- b. Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang yang 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, untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi adalah seperti yang tertera pada gambar 1-1, gambar 1-2, gambar 1-3, gambar 1-4, gambar 1-5, gambar 1-6, gambar 1-7 dan gambar 1-8 pada Lampiran.
- c. Ruang bangun adalah ruang di sisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap seperti antara lain tiang semboyan, tiang listrik dan pagar.

- d. Batas ruang bangun diukur dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 6,20 meter. Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Jarak Ruang Bangun

| Segmen Jalur | Lebar rel 1067 mm | Lebar rel 1435 mm |
|-----------------------------|---|--|
| Lintas Bebas | 2,35 m sampai 2,53 m di kiri kanan sumbu jalan rel. | 2,44 m sampai 3,0 m di kiri kanan sumbu jalan rel. |
| Emplasemen | 1,95 m sampai 2,35 m di kiri kanan sumbu jalan rel. | 1,98 m sampai 2,8 m di kiri kanan sumbu jalan rel. |
| Jembatan, terowongan | 2,15 m di kiri kanan sumbu jalan rel. | 2,44 m sampai 2,8 m di kiri kanan sumbu jalan rel. |

3. PERSYARATAN TEKNIS JALUR KERETA API.

3.1. Persyaratan Jalan Rel.

3.1.1. Persyaratan Sistem.

3.1.1.1. Umum.

- a. Jalan rel direncanakan sesuai dengan klasifikasi jalur untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan/atau penumpang 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 secara aman dengan tingkat kenyamanan tertentu.
- d. Secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan konstruksi jalan rel dapat diselenggarakan secara efisien serta tetap menjamin keamanan dan kenyamanan.
- e. Sistem jalan rel terdiri dari konstruksi bagian atas dan konstruksi bagian bawah.
- f. Konstruksi bagian atas harus memenuhi persyaratan:
 1. Persyaratan geometri;
 2. Persyaratan ruang bebas;
 3. Persyaratan beban gandar; dan
 4. Persyaratan frekuensi.
- g. Konstruksi bagian bawah harus memenuhi persyaratan stabilitas dan persyaratan daya dukung.

3.1.1.2. Konstruksi Jalan Rel Bagian Atas.

a. Persyaratan Umum

1. Geometri jalan rel direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.
2. Persyaratan geometri yang wajib dipenuhi:
 - a. lebar jalan rel;
 - b. kelandaian;
 - c. lengkung;
 - d. pelebaran jalan rel; dan
 - e. peninggian rel.

b. Lebar Jalan Rel

1. Lebar jalan rel terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm di bawah permukaan teratas rel, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1 dan 2-2.
2. Penyimpangan lebar jalan rel yang dapat diterima +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru dan +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan.

c. Kelandaian

1. Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen.
2. Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus.
3. Persyaratan landai penentu harus memenuhi persyaratan seperti yang dinyatakan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1. Landai Penentu

| Kelas jalan rel | Landai penentu maksimum |
|-----------------|-------------------------|
| 1 | 10 ‰ |
| 2 | 10 ‰ |
| 3 | 20 ‰ |
| 4 | 25 ‰ |
| 5 | 25 ‰ |

4. Kelandaian di emplasemen maksimum yg diizinkan adalah 1,5 ‰.
5. Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu.

6. Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahanannya tetap.

d. Lengkung Vertikal

1. 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 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal

| Kecepatan rencana (Km/jam) | Jari – jari minimum lengkung vertikal (meter) |
|----------------------------|---|
| Lebih besar dari 100 | 8000 |
| Sampai 100 | 6000 |

2. Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kelandaian.
3. Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki transisi lurus sekurang-kurangnya sepanjang 20 m.

e. Lengkung Horizontal

1. Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3. Jari-jari minimum yang diizinkan

| Kecepatan rencana (km/jam). | Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m). | Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m). |
|-----------------------------|--|--|
| 120 | 2370 | 780 |
| 110 | 1990 | 660 |
| 100 | 1650 | 550 |
| 90 | 1330 | 440 |
| 80 | 1050 | 350 |
| 70 | 810 | 270 |
| 60 | 600 | 200 |

2. Jari-jari lengkungan sepanjang peron pada sisi jalur utama dan pada sepur belok harus lebih besar dari nilai minimum yang ditetapkan berdasarkan kecepatan rencana jalur tersebut.
3. Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil, seperti terlihat pada Tabel 4.3.

4. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

| | |
|------------------------------------|---|
| $L_n = 0,01 h V$ | |
| L_n | = panjang minimum lengkung (m) |
| H | = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm) |
| V | = Kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam) |

5. Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan.
 6. Dua lengkung horizontal yang berdekatan harus memiliki transisi lurus sekurang-kurangnya sepanjang 20 m di luar lengkung peralihan.
 7. Jari-jari lengkungan sebelum dan sesudah wesel untuk jalur utama haruslah lebih besar dari nilai-nilai yang ditetapkan berdasarkan kecepatan rencana pada wesel.
 8. Jari-jari lengkungan sepanjang peron pada sisi jalur utama dan pada sepur belok harus lebih besar dari nilai minimum yang ditetapkan berdasarkan kecepatan rencana jalur tersebut.
 9. Untuk jari-jari lengkungan lebih besar dari 2370 meter tidak diperlukan lengkung peralihan.
- f. Pelebaran jalan rel
1. Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan.
 2. Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.
 3. Pelebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.
 4. Besar pelebaran jalan rel untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Pelebaran Jalan Rel

| Pelebaran jalan rel (mm) | Jari-jari tikungan (meter) |
|---------------------------|----------------------------|
| 0 | $R > 600$ |
| 5 | $550 < R < 600$ |
| 10 | $400 < R < 550$ |
| 15 | $350 < R < 400$ |
| 20 | $100 < R < 350$ |

5. Pelebaran jalan rel maksimum yang diijinkan adalah 20 mm.

6. Pemasangan pelebaran jalan rel dilakukan mengikuti hal-hal berikut:

- a) Jika terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sepanjang lengkung peralihan.
- b) Dalam hal tidak terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sedapatnya dengan panjang pengurangan yang sama. Untuk yang tanpa peninggian rel, pengurangan dilakukan menurut panjang standar 5 m atau lebih diukur dari ujung lengkungan. Namun untuk lengkungan wesel maka panjang pengurangan ditentukan secara terpisah bergantung pada kondisi yang ada.

g. Peninggian jalan rel.

1. Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta.
2. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi.
3. Besar peninggian untuk berbagai kecepatan rencana tercantum pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Peninggian Jalan Rel

| Jari-Jari (m) | Peninggian (mm) pas (km/hr) | | | | | | |
|---------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 |
| 100 | | | | | | | ---- |
| 150 | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | 110 |
| 250 | | | | | | ---- | 90 |
| 300 | | | | | ---- | 100 | 75 |
| 350 | | | | | 110 | 85 | 65 |
| 400 | | | | ---- | 100 | 75 | 55 |
| 450 | | | | 110 | 85 | 65 | 50 |
| 500 | | | ---- | 100 | 80 | 60 | 45 |
| 550 | | | 110 | 90 | 70 | 55 | 40 |
| 600 | | | 100 | 85 | 65 | 50 | 40 |
| 650 | | ---- | 95 | 75 | 60 | 50 | 35 |
| 700 | | 105 | 85 | 70 | 55 | 45 | 35 |
| 750 | ---- | 100 | 80 | 65 | 55 | 40 | 30 |
| 800 | 110 | 90 | 75 | 65 | 50 | 40 | 30 |
| 850 | 105 | 85 | 70 | 60 | 45 | 35 | 30 |
| 900 | 100 | 80 | 70 | 55 | 45 | 35 | 25 |
| 950 | 95 | 80 | 65 | 55 | 45 | 35 | 25 |
| 1000 | 90 | 75 | 50 | 50 | 40 | 30 | 25 |

| | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1100 | 80 | 70 | 55 | 45 | 35 | 30 | 20 |
| 1200 | 75 | 60 | 55 | 45 | 35 | 25 | 20 |
| 1300 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 25 | 20 |
| 1400 | 65 | 55 | 45 | 35 | 30 | 25 | 20 |
| 1500 | 60 | 50 | 40 | 35 | 30 | 20 | 15 |
| 1600 | 55 | 45 | 40 | 35 | 25 | 20 | 15 |
| 1700 | 55 | 45 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 1800 | 50 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 1900 | 50 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 2000 | 45 | 40 | 30 | 25 | 20 | 15 | 15 |
| 2500 | 35 | 30 | 25 | 20 | 20 | 15 | 10 |
| 3000 | 30 | 25 | 20 | 20 | 15 | 10 | 10 |
| 3500 | 25 | 25 | 20 | 15 | 15 | 10 | 10 |
| 4000 | 25 | 20 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 |

3.1.1.3. Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah.

- a. Konstruksi jalan rel bagian bawah terdiri atas:
1. Badan jalan;
 2. Proteksi lereng; dan
 3. Drainase
- b. Lebar Formasi Badan Jalan

Lebar formasi badan jalan (tidak termasuk parit tepi) adalah jarak dari sumbu jalan rel ke tepi terluar formasi badan jalan. Jarak ini harus diambil lebih besar dari yang ditunjukkan pada tabel berikut :

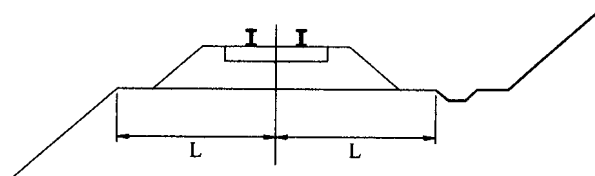
1. Lebar badan jalan (*subgrade*) untuk pekerjaan tanah

Tabel 4.6. Lebar Badan Jalan Rel

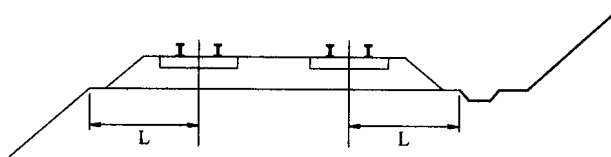
| Kecepatan maksimum desain | Jarak rel 1067 mm | Jarak rel 1435 mm |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| 120 km/jam dan 110 km/jam jalur | 3,15 (3,00) | 4,26 (3,96) |
| 100 km/jam jalur | 2,95 (2,85) | 3,96 (3,66) |
| 90 km/jam jalur | 2,85 (2,75) | 3,66 (3,36) |
| 80 km/jam jalur | 2,50 (2,40) | 3,35 (3,05) |

Catatan : Tanda dalam kurung berarti jarak yang akan digunakan dalam kasus-kasus seperti kondisi topografi yang tidak dapat dielakkan.

- L mengacu pada gambar berikut :



(a) Penampang rel tunggal



(b) Penampang rel ganda

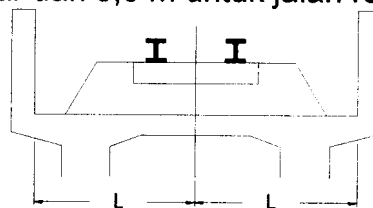
2. Tambahan Lebar formasi karena Peninggian Rel

Besaran L yang telah dijelaskan diatas harus ditambah dengan nilai yang lebih besar dari y , sebagaimana dihitung dengan rumus berikut dengan satuan pelebaran adalah 50 mm. Namun apabila proteksi balas dilakukan, maka pelebaran untuk peninggian rel dapat diabaikan.

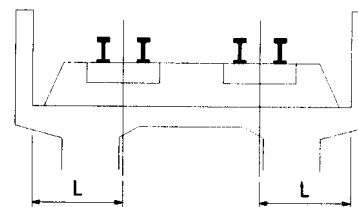
$$y = 3,35 C$$

Dimana y : *Besarnya pelebaran (mm)*
 C : *Peninggian rel yang tersedia (mm)*

3. Lebar formasi badan jalan untuk jalan rel di atas permukaan tanah (jalan rel Layang) harus lebih besar dari 3,15 m dari sumbu jalan rel atau lebih besar dari 3,0 m untuk jalan rel tanpa balas.



(a) Penampang rel tunggal



(b) Penampang rel ganda

4. Lebar formasi jalan untuk sepur belok (*siding track*) harus lebih besar dari yang ditunjukkan pada tabel di atas untuk kecepatan kurang dari 70 km/jam tergantung pada derajat kepentingannya.

c. Konstruksi Badan jalan

Tanah dasar harus mempunyai daya dukung yang cukup. Menurut percobaan CBR lapangan (ASTM D.1883) kekuatan minimum adalah 8 % dengan ketebalan minimum 30 cm.

d. Konstruksi badan jalan pada Timbunan

1. Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
2. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM D 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 haruslah tidak kurang dari 6 % pada contoh tanah terendam (soaked samples) yang telah dipadatkan hingga 95 % dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 03-1742-1989.
3. Bagian atas timbunan setebal minimum 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,5 m.
4. Tanah dasar harus miring ke arah luar sebesar 5 %.
5. Jika penurunan tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di atas timbunan lebih besar dari 50 cm, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki. Faktor keamanan lereng terhadap bahaya longsor minimum 1,50.
6. Permukaan atas timbunan harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
7. Bila tinggi timbunan lebih besar dari 6,00 m, maka untuk setiap ketinggian 6,00 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.

e. Konstruksi badan jalan Pada Galian atau Tanah Asli

1. Bila badan jalan pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah.
2. Kemiringan tanah dasar harus miring ke arah luar sebesar 5%.
3. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
4. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap kedalaman 6 m harus dibuat "berm" selebar 1,5 m.

f. Perbaiki Tanah untuk Konstruksi Badan Jalan

1. 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. Penurunan sisa (residual settlement) yang diizinkan maksimum 10 cm.

g. Proteksi Lereng

1. Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
2. Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).
3. Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan saja tidak memadai dipandang dari sudut material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain.
4. Ketebalan top soil minimal 10 cm.

h. Drainase harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Kemiringan minimum struktur drainase haruslah 0,3 % untuk meminimalkan endapan.
2. Diameter minimum saluran pipa haruslah 15 cm untuk memudahkan pembersihan.
3. Untuk badan jalan yang merupakan tanah timbunan, maka permukaan lapis dasar harus memiliki kemiringan 5 % ke arah luar dan air hujan di sekitar rel harus mengalir dengan lancar ke lereng.
4. Dalam hal jalur ganda, diperlukan saluran di antara dua jalur (parit-U atau French drain) dan drainase melintang.
5. Pada daerah galian yang terdapat mata air, drainase dan dinding galian harus dilengkapi dengan sulingan (weep hole) dengan ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 2 inch dan jarak (0,5 – 1,0) m.
6. Apabila drainase menggunakan saluran pipa, ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 6 inch.

3.1.2. Persyaratan Komponen.

3.1.2.1. Umum.

Jalan rel terdiri atas komponen:

1. badan jalan;
2. subbalas;
3. balas;
4. bantalan;
5. alat penambat;
6. rel; dan
7. wesel.

3.1.2.2. Badan Jalan.

a. Badan jalan dapat berupa:

1. Badan jalan di daerah timbunan; atau
2. Badan jalan di daerah galian.

b. Badan jalan di daerah timbunan terdiri atas:

1. Tanah dasar;
2. Tanah timbunan; dan
3. Lapis dasar (*subgrade*).

c. Badan jalan di daerah galian terdiri atas:

1. Tanah dasar; dan
2. Lapis dasar (*subgrade*).

d. Tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar (*subgrade*) dan bebas dari masalah penurunan (*settlement*). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai N-SPT ≤ 4 , maka harus tidak boleh termasuk dalam lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan sebesar 5 %.
2. Daya dukung tanah dasar yang ditentukan dengan metoda tertentu, seperti ASTM D 1196 (Uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) harus tidak boleh kurang dari 70 MN/m² pada permukaan tanah pondasi daerah galian. Apabila nilai K₃₀ kurang dari 70 MN/m², maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

- e. Tanah dasar yang dibentuk dari timbunan harus memenuhi persyaratan berikut:
1. Tanah yang digunakan tidak boleh mengandung material bahan-bahan organik, gambut dan tanah mengembang;
 2. Kepadatan tanah timbunan harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 6% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
- f. Lapis tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:
1. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik, gambut dan tanah mengembang.
 2. Material lapis dasar (*subgrade*) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
 3. Lapis dasar haruslah terdiri dari lapisan tanah yang seragam dan memiliki cukup daya dukung. Kekuatan CBR material lapis dasar yang ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 03-1744-1989 haruslah tidak kurang dari 8 % pada contoh tanah yang telah dipadatkan hingga 95 % dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 03-1742-1989.
 4. Lapis dasar harus mampu menopang jalan rel dengan aman dan memberi kecukupan dalam elastisitas pada rel. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Bagian terbawah dari pondasi ini memiliki jarak minimum 0,75 m di atas muka air tanah tertinggi.
 5. Dalam hal lapis dasar ini terletak pada tanah asli atau tanah galian, maka diperlukan lapisan drainase yang harus diatur sebagaimana diperlukan. Ketebalan standar untuk lapisan drainase sekurang-kurangnya 15 cm.
 6. Ketebalan minimum lapis dasar haruslah 30 cm untuk mencegah terjadinya *mud pumping* akibat terjadinya perubahan pada tanah isian atau tanah pondasi. Lebar lapis dasar haruslah sama dengan lebar badan jalan. Dan lapis dasar juga harus memiliki kemiringan sebesar 5 % ke arah bagian luar.

3.1.2.3. Sub Balas.

- a. Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.
- b. Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat.

- c. Sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:
1. Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir.
 2. Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%.
 3. Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30 % agregat pecah.
 4. Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100 % γ_d menurut percobaan ASTM D 698.

3.1.2.4. Balas.

- 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. Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2.
- d. Bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan.
- e. Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
 2. Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
 3. Porositas maksimum 3%.
 4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm².
 5. Specific gravity minimum 2,6.
 6. Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5 %.
 7. Kandungan minyak maksimum 0,2 %.
 8. Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

3.1.2.5. Bantalan.

Bantalan terdiri dari bantalan beton, bantalan kayu, dan bantalan besi. Bantalan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Bantalan beton merupakan struktur prategang dengan kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm², dan mutu baja prategang dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm².

- b. Bantalan kayu, harus memenuhi persyaratan modulus elastisitas (E) minimum 150.000 kg/cm². Harus mampu menahan momen maksimum sebesar 800 kg-m. Berat jenis kayu minimum = 0.9, kadar air maksimum 30%, tanpa mata kayu, retak tidak boleh sepanjang 230 mm dari ujung kayu.
- c. Bantalan besi dengan profil cross section UIC 28, kandungan Carbon Manganese Steel Grade 900 A, pada bagian tengah bantalan maupun pada bagian bawah rel, mampu menahan momen maksimum sebesar 650 kg-m, tegangan tarik 880-1030 N/mm². Elongation A1 > 10 %.

3.1.2.6. Alat Penambat.

Alat penambat terdiri dari penambat kaku, penambat elastis, pelat landas dan *rubber pad*. Alat penambat harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Penambat kaku mempunyai gaya jepit sekurang-kurangnya 2040 kg.
- b. Penambat elastis mempunyai gaya jepit 900 - 1100 kg.
- c. Kualitas pelat landas untuk bantalan kayu harus mampu memikul beban yang ada yang ukurannya sesuai dengan jenis rel yang digunakan.
- d. *Rubber pad* harus beralur dan insulator untuk bantalan beton mempunyai modulus elastisitas berkisar antara 110 -140 kg/cm².

3.1.2.7. Rel.

- a. Rel harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Minimum perpanjangan (*elongation*) 10 %;
2. Kekuatan tarik (*tensile strength*) minimum 1175 N/mm²;
3. Kekerasan kepala rel tidak boleh kurang dari 300 Brinel;
4. Komposisi kimiawi memenuhi persyaratan seperti tabel berikut:

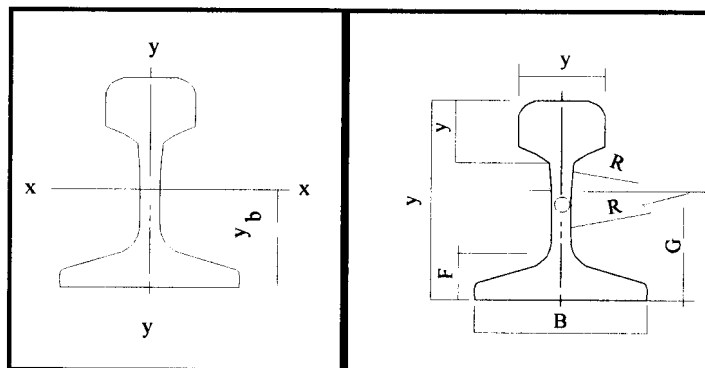
Tabel 4.7. Komposisi Kimiawi Rel

| | |
|----|-----------------|
| C | 0,60 % - 0,80 % |
| Si | 0,15 % - 0,35 % |
| Mn | 0,90 % - 1,10 % |
| P | Max. 0,035% |
| S | Max. 0,025% |

- b. Penampang Rel harus memenuhi ketentuan standar UIC dengan ketentuan dimensi rel seperti pada tabel dan gambar berikut :

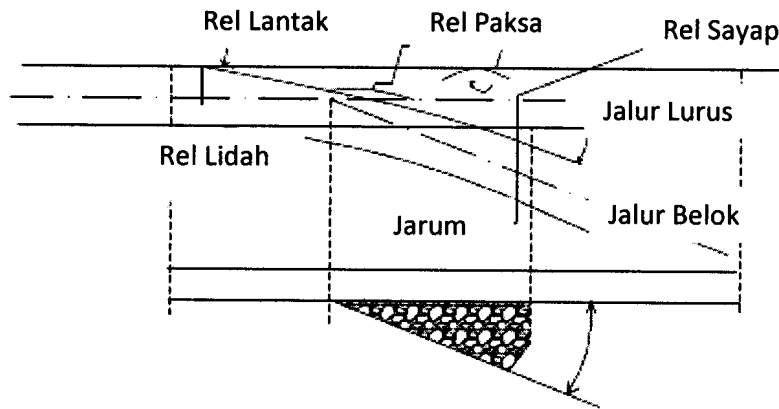
Tabel 4.8. Dimensi Penampang Rel

| Besaran geometri rel | Tipe rel | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|
| | UIC 42 | UIC 50 | UIC 54 | UIC 60 |
| H (mm) | 138,00 | 153,00 | 159,00 | 172,00 |
| B (mm) | 110,00 | 127,00 | 140,00 | 150,00 |
| C (mm) | 68,50 | 65,00 | 70,00 | 74,30 |
| D (mm) | 13,50 | 15,00 | 16,00 | 16,50 |
| E (mm) | 40,50 | 49,00 | 49,40 | 51,00 |
| F (mm) | 23,50 | 30,00 | 30,20 | 31,50 |
| G (mm) | 72,00 | 76,00 | 74,97 | 80,95 |
| R (mm) | 320,00 | 500,00 | 508,00 | 120,00 |
| A (cm ²) | 54,26 | 64,20 | 69,34 | 76,86 |
| W (kg/m) | 42,59 | 50,40 | 54,43 | 60,34 |
| I _x (cm ⁴) | 1369 | 1960 | 2346 | 3055 |
| Y _b (mm) | 68,50 | 71,60 | 76,20 | 80,95 |
| A = luas penampang | | | | |
| W = berat rel permeter | | | | |
| I _x = momen inersia terhadap sumbu x | | | | |
| Y _b = jarak tepi bawah rel ke garis netral | | | | |



3.1.2.8. Wesel.

- a. Wesel terdiri atas komponen – komponen sebagai berikut:
1. Lidah;
 2. Jarum beserta sayap – sayapnya;
 3. Rel lantak;
 4. Rel paksa; dan
 5. Sistem penggerak.



b. Wesel harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Kandungan mangan (Mn) pada jarum mono blok harus berada dalam rentang (11-14) %;
2. Komposisi kimiawi dan kekerasan pada lidah dan bagian lainnya sekurang kurangnya sama dengan komposisi kimiawi dan kekerasan rel;
3. Celah antara lidah dan rel lantak harus kurang dari 4 mm. Khusus untuk wesel yang dilalui oleh kereta berkecepatan tinggi harus kurang dari 3 mm;
4. Celah antara lidah wesel dan rel lantak pada posisi terbuka tidak boleh kurang dari 125 mm;
5. Celah (gap) antara rel lantak dan rel paksa pada ujung jarum 34 mm
6. Jarak antara jarum dan rel paksa (*check rail*):
 - a) Untuk Wesel rel UIC 54 paling kecil 1031 mm dan paling besar 1043 mm;
 - b) Untuk Wesel jenis rel yang lain, disesuaikan dengan kondisi wesel.
7. Pelebaran jalan rel di bagian lengkung dalam wesel harus memenuhi peraturan radius lengkung.

3.2. Persyaratan Jembatan.

3.2.1. Persyaratan Sistem.

3.2.1.1. Berdasarkan material untuk struktur jembatan, dibagi menjadi:

- a. Jembatan baja;
- b. Jembatan beton; dan
- c. Jembatan komposit.

3.2.1.2. Tipe jembatan baja secara umum dibagi empat kelompok sebagaimana tersebut dalam tabel 4.9:

Tabel 4.9. Tipe Jembatan Baja

| Tipe | Gelagar | Rangka |
|---------|-----------------|----------------|
| Dinding | Gelagar Dinding | Rangka Dinding |
| Rasuk | Gelagar Rasuk | Rangka Rasuk |

3.2.1.3. Tipe jembatan beton terdiri dari:

- a. Jembatan gelagar;
- b. Jembatan portal kaku; dan
- c. Jembatan busur.

3.2.1.4. Sistem jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. beban gandar;
- b. lendutan;
- c. stabilitas konstruksi; dan
- d. ruang bebas.

3.2.1.5. Beban gandar yang digunakan sebagai dasar perencanaan harus sesuai dengan klasifikasi jalurnya dan beban terbesar dari sarana perkeretaapian yang dioperasikan.

3.2.1.6. Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur:

a. Jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan adalah:

1. Jembatan harus didesain untuk menahan jenis beban sebagai berikut:

- a) Beban Mati;
- b) Beban Hidup;
- c) Beban Kejut;
- d) Beban Horizontal:
 - 1) Beban Sentrifugal;
 - 2) Beban Lateral Kereta;
 - 3) Beban Rem dan Traksi; dan
 - 4) Beban Rel Panjang Longitudinal.
- e) Beban Angin;
- f) Beban Gempa;
- g) Beban Air; dan
- h) Beban Tanah Aktif.

2. Apabila ditetapkan di dalam persyaratan, efek beban berikut ini juga harus dipertimbangkan:

- a) Perubahan temperatur;
- b) Pemuaian, penyusutan dan/atau rangkai dari beton;
- c) Penurunan;
- d) Dan lain-lain.

b. Beban Mati

Berat jenis bahan yang biasanya digunakan dalam perhitungan beban mati sebagaimana tersebut dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10. Berat Jenis Bahan


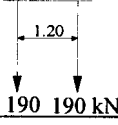
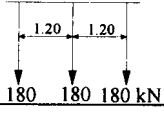
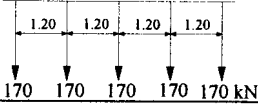
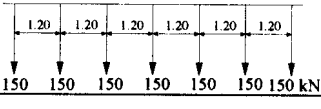
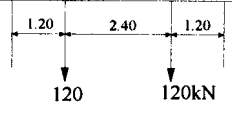
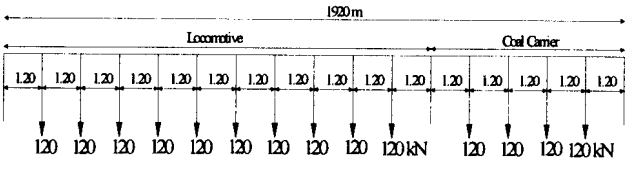
| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Baja, Baja Cor | 78.50 KN/m ³ |
| Besi Cor | 72.50 KN/m ³ |
| Kayu | 8 KN/m ³ |
| Beton | 24 KN/m ³ |
| Aspal Anti Air | 11 KN/m ³ |
| Ballast Gravel atau Batu Pecah | 19 KN/m ³ |

c. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan adalah beban gandar terbesar sesuai rencana sarana perkeretaapian yang dioperasikan atau skema dari rencana muatan.

Untuk beban gandar sampai dengan 18 ton dapat digunakan skema rencana muatan 1921 (RM 21) sebagaimana tersebut dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Skema Pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 21)

| Nama Jumlah Gandar | Skema Pembebanan 100% RM 1921 |
|--|---|
| Beban pada jembatan atau komponen jembatan (Bentang=L) yang diletakkan | Jarak Gandar Seragam = 1.20 m Beban pada setiap gandar (P) dihitung sebagai |
| 1 Gandar |  |
| 2 Gandar |  |
| 3 Gandar |  |
| 4 atau 5 Gandar |  |
| 6 atau 7 Gandar |  |
| Menggunakan Gerbong Tanpa Nilai Beban Pasti Beban Total = 24 ton atau 5 ton/m ² |  |
| Apabila menggunakan 8 Gandar Jarak Gandar Standar Lokomotif Uap Paling Berat ditambah Kereta Batu Bara Beban Total 168 ton atau 8,75 ton/m ² |  |

d. Beban Kejut (i)

Beban kejut diperoleh dengan mengalikan faktor i terhadap beban kereta.

Perhitungan paling sederhana untuk faktor i adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. untuk rel pada alas balas $i = 0,1 + \frac{22,5}{50 + L}$
 2. untuk rel pada Perletakan kayu $i = 0,2 + \frac{25}{50 + L}$
 3. untuk rel secara langsung pada baja $i = 0,3 + \frac{25}{50 + L}$
- dimana i = faktor kejut, L = panjang bentang (m)

e. Beban Horizontal

1. Beban Sentrifugal

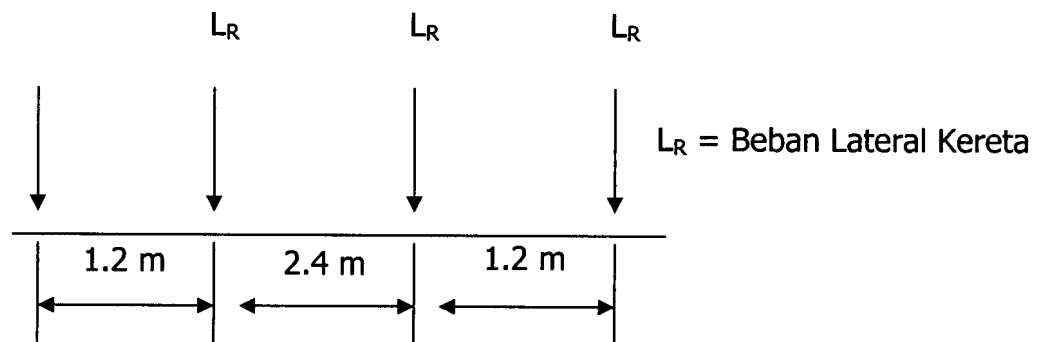
Beban sentrifugal diperoleh dengan mengalikan faktor α terhadap beban kereta. Beban bekerja pada pusat gaya berat kereta pada arah tegak lurus rel secara horisontal.

$$\alpha = \frac{V^2}{127 R}$$

- Dimana:
- α : Koefisien Beban Sentrifugal
 - V : Kecepatan maksimum kereta pada tikungan (km/jam)
 - R : Radius tikungan (m)

2. Beban Lateral Kereta

Beban lateral kereta adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah. Beban bekerja pada bagian atas dan tegak lurus arah rel, secara horisontal. Besaran adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing-masing lokomotif atau kereta listrik/diesel.



Gambar Beban Lateral Kereta

3. Beban Pengereman dan Traksi

Beban Pengereman dan Traksi masing-masing adalah 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

4. Beban Rel Panjang Longitudinal

Beban rel panjang longitudinal pada dasarnya adalah 10 kN/m.

f. Beban Angin

Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horisontal, tipikal nilainya adalah:

1. 3,0 kN/m² pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya. Namun demikian, 2.0 kN/m², pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk areal sistem lantai.
2. 1,5 kN/m² pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta di atasnya, pengecualian 1.2 kN/m² untuk jembatan selain gelagar dek/rasuk atau jembatan komposit, sedangkan 0.8 kN/m² untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

g. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai dengan peraturan gempa yang berlaku.

h. Kombinasi pembebanan

Perhitungan konstruksi jembatan dihitung dari hasil kombinasi pembebanan yang terbesar. Kombinasi pembebanan akan diatur lebih lanjut dengan Peraturan Direktur Jenderal.

3.2.1.7. Lentutan.

Lentutan didefinisikan sebagai besaran penyimpangan (*deflection*) yang tidak boleh melebihi persyaratan koefisien terhadap panjang teoritis.

- a. Koefisien lentutan maksimum jembatan baja, sebagaimana tersebut dalam tabel 4.12.

Tabel 4.12. Koefisien Lentutan Maksimum Jembatan Baja

| Jenis | Gelagar | | | Rangka Batang | |
|--------------------------------|----------|---------------|----------|---------------|-------------------------|
| | L (m) | | L < 50 | | L ≥ 50 |
| Jenis Kereta | | | L / 800 | L / 700 | Seluruh Rangka L / 1000 |
| Lokomotif | | | L / 800 | L / 700 | |
| Kereta Listrik dan/atau Kereta | V (km/h) | V < 100 | L / 700 | | |
| | | 100 < V ≤ 130 | L / 800 | L / 700 | |
| | | 100 < V ≤ 130 | L / 1100 | L / 900 | |

- b. Koefisien lendutan maksimum jembatan beton, sebagaimana tersebut dalam tabel 4.13.

Tabel 4.13. Koefisien Lendutan Maksimum Jembatan Beton

| Beban lokomotif | Bentang L (m) | | L < 50 | | L ≥ 50 | |
|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------|----------|----------|
| | | | L / 800 | | L / 700 | |
| Kereta penumpang dan kereta diesel | Bentang L (m) | | L ≤ 20 | 20 < L < 50 | L ≥ 50 | |
| | | | L / 700 | | | |
| | Untuk Satu Kereta | Kecepatan maksimum V (km/jm) | V < 100 | L / 700 | | |
| | | | 100 < V ≤ 130 | L / 800 | | |
| | | | 130 < V ≤ 160 | L / 1100 | | |
| | Untuk 2 rangkaian atau lebih | Kecepatan maksimum V (km/ jm) | V ≤ 100 | L / 800 | L / 850 | L / 700 |
| | | | 100 < V ≤ 130 | L / 1000 | L / 1100 | L / 900 |
| | | | 130 < V ≤ 160 | L / 1300 | L / 1400 | L / 1200 |

- c. Koefisien lendutan maksimum jembatan komposit adalah 1/1000 panjang teoritis.

3.2.1.8. Stabilitas

- Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian atas adalah kekuatan konstruksi yang diperhitungkan dari jumlah pembebanan dan kombinasi pembebanan.
- Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian bawah adalah kapasitas daya dukung tanah dan kekuatan konstruksi yang diperhitungkan dari jumlah kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban-beban vertikal jembatan bagian atas, beban horisontal (gempa, angin, tekanan tanah, tekanan air) dan momen guling.
- Metode perhitungan desain struktur jembatan dapat menggunakan salah satu dari 2 (dua) metode berikut:
 - Metode desain tegangan ijin (*Allowable Stress Design*);
 - Metode faktor beban (*Limit State Design*).

3.2.1.9. Tinggi jagaan (*free board*)

Untuk perencanaan jembatan di atas sungai, harus memperhitungkan tinggi jagaan—minimal 1,0 meter dibawah gelagar jembatan paling bawah terhadap muka air banjir rencana.

3.2.2. Persyaratan Komponen.

- a. Komponen jembatan terdiri dari:
 1. Konstruksi jembatan bagian atas;
 2. Konstruksi jembatan bagian bawah; dan
 3. Konstruksi pelindung.
- b. Persyaratan untuk konstruksi jembatan bagian atas dan bawah disesuaikan dengan material pembentuk konstruksinya: baja, beton (bertulang dan prategang), dan komposit.
- c. Konstruksi jembatan bagian atas dengan material baja harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tegangan (*stress*) dan tegangan lelah (*fatigue*) yang timbul pada baja struktural lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan;
 2. Tegangan (*stress*) yang timbul pada baut dan paku keling / sumbat (*rivet*) lebih kecil dari tegangan yang diijinkan; dan
 3. Tegangan tarik material las minimal sama atau lebih besar dari material yang disambung.
- d. Konstruksi jembatan bagian atas dengan material beton bertulang dan beton prategang paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Tegangan (*stress*) yang timbul pada beton lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan;
 2. Material tumpuan atau perletakan (*bearing*) pada abutment dan pilar dapat berupa elastomer polyetelin atau bahan lainnya. Persyaratan material untuk elastomer polyetelin harus mengacu pada spesifikasi ASTM;
 3. Material baja prestressed harus memenuhi persyaratan ASTM; dan
 4. Tegangan yang terjadi pada kawat prestressed harus lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.
- e. Konstruksi jembatan bagian atas dengan komposit paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 1. Persyaratan beton pada jembatan komposit harus mengikuti ketentuan yang ditetapkan pada jembatan beton;
 2. Persyaratan baja pada jembatan komposit harus mengikuti ketentuan yang ditetapkan pada jembatan baja;
 3. Material tumpuan atau perletakan (*bearing*) pada abutment dan pilar dapat berupa elastomer polyetelin atau bahan lainnya. Persyaratan material untuk elastomer polyetelin harus mengacu pada ASTM; dan
 4. Konektor geser (*shear connector*) dapat berfungsi sepenuhnya sebagai sarana pengikat material pembentuk komposit menjadi satu kesatuan. Persyaratan material untuk *shear connector* harus mengacu pada ASTM.

- f. Konstruksi jembatan bagian bawah paling sedikit harus memenuhi persyaratan berikut:
 - 1. Kapasitas daya dukung tanah lebih besar dari beban yang diterima dengan faktor keamanan $\geq 2,5$;
 - 2. Tegangan (stress) yang timbul lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan; dan
 - 3. Nilai standar unit penurunan yang merupakan rasio penurunan terhadap gaya aksial dari struktur atas dan struktur bawah jembatan, nilai maksimumnya harus sesuai dengan sebagaimana dinyatakan ketentuan yang berlaku.
- g. Konstruksi pelindung jembatan meliputi:
 - 1. Pelindung abutment, pilar, tebing dari arus sungai;
 - 2. Pengarah arus; dan
 - 3. Pelindung tebing dari longsoran arah badan jalan.
- h. Persyaratan untuk konstruksi pelindung jembatan disesuaikan dengan material pembentuk konstruksinya, dapat berupa baja, beton bertulang, beton prategang, pasangan batu kali, bronjong, atau konstruksi lainnya.
- i. Konstruksi pelindung jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:
 - 1. Mampu melindungi abutment, pilar, dan tebing sungai dari gerusan, benturan material bawaan arus sungai (batu, batang kayu dan lain-lain);
 - 2. Mampu mengarahkan arus untuk konstruksi pengarah arus; dan
 - 3. Mampu melindungi abutment dari longsoran tebing sungai untuk konstruksi pelindung tebing dari longsoran arah badan jalan.

3.3. Persyaratan Terowongan.

3.3.1. Persyaratan Sistem.

- a. Terowongan untuk kepentingan jalur kereta api terdiri dari tiga jenis:
 - 1. Terowongan pegunungan (*mountain tunnel*), yaitu terowongan yang dibangun menembus daerah pegunungan;
 - 2. Terowongan perisai (*shield tunnel*), yaitu terowongan yang dibangun dengan menggunakan mesin perisai (*shield machine*); dan
 - 3. Terowongan gali timbun (*cut and cover tunnel*), yaitu merupakan terowongan yang dibangun dengan metode penggalian dari permukaan tanah hingga kedalaman tertentu dengan menggunakan sistem penahan tanah (*earth retaining*) dan ditimbun kembali setelah konstruksi terowongan selesai dibangun.
- b. Sistem terowongan harus memenuhi persyaratan berikut:
 - 1. Ruang bebas;
 - 2. Geometri;
 - 3. Beban gandar;
 - 4. Stabilitas konstruksi, dan
 - 5. Kedap air.

- c. Ruang bebas dalam terowongan memperhitungkan jenis sarana perkeretaapian yang dioperasikan dan sistem balas (*ballasted*) atau tanpa balas (*unballasted*).
- d. Dimensi terowongan ditentukan oleh ruang bebas ditambah sekurang-kurangnya 100 mm untuk perawatan.
- e. Geometri terowongan harus mempertimbangkan geometri jalan rel dan drainase dengan kelandaian jalan rel dalam terowongan sekurang-kurangnya 1 ‰.
- f. Beban gandar kereta api sesuai dengan rencana sarana perkeretaapian yang dioperasikan.
- g. Konstruksi terowongan harus mempertimbangkan sekurang-kurangnya beban-beban berikut:
 - 1. Beban tanah atau batuan di atasnya (*overburden*);
 - 2. Beban mati dan beban hidup;
 - 3. Beban akibat tekanan air;
 - 4. Beban gempa; dan
 - 5. Beban lainnya.
- h. Stabilitas Konstruksi Terowongan
 - 1. Stabilitas konstruksi terowongan untuk jenis terowongan pegunungan harus didasarkan atas penyelidikan sekurang-kurangnya sebagai berikut:
 - a) Topografi;
 - b) Geologi;
 - c) Tanah;
 - d) Hidrologi; dan
 - e) Lingkungan.
 - 2. Stabilitas konstruksi untuk jenis terowongan gali timbun dan terowongan perisai harus didasarkan atas penyelidikan sekurang-kurangnya sebagai berikut:
 - a) Topografi;
 - b) Geologi;
 - c) Hidrologi;
 - d) Tanah;
 - e) Daerah amblesan;
 - f) Udara berkadar oksigen rendah dan Gas Berbahaya; dan
 - g) Lingkungan.
 - 3. Dinding pelapis terowongan harus kedap air dan jika ada kebocoran masih diizinkan dengan laju kebocoran (*leakage*) tidak boleh melampaui $0,2 \text{ l/m}^2/\text{hari}$.

3.3.2. Persyaratan Komponen.

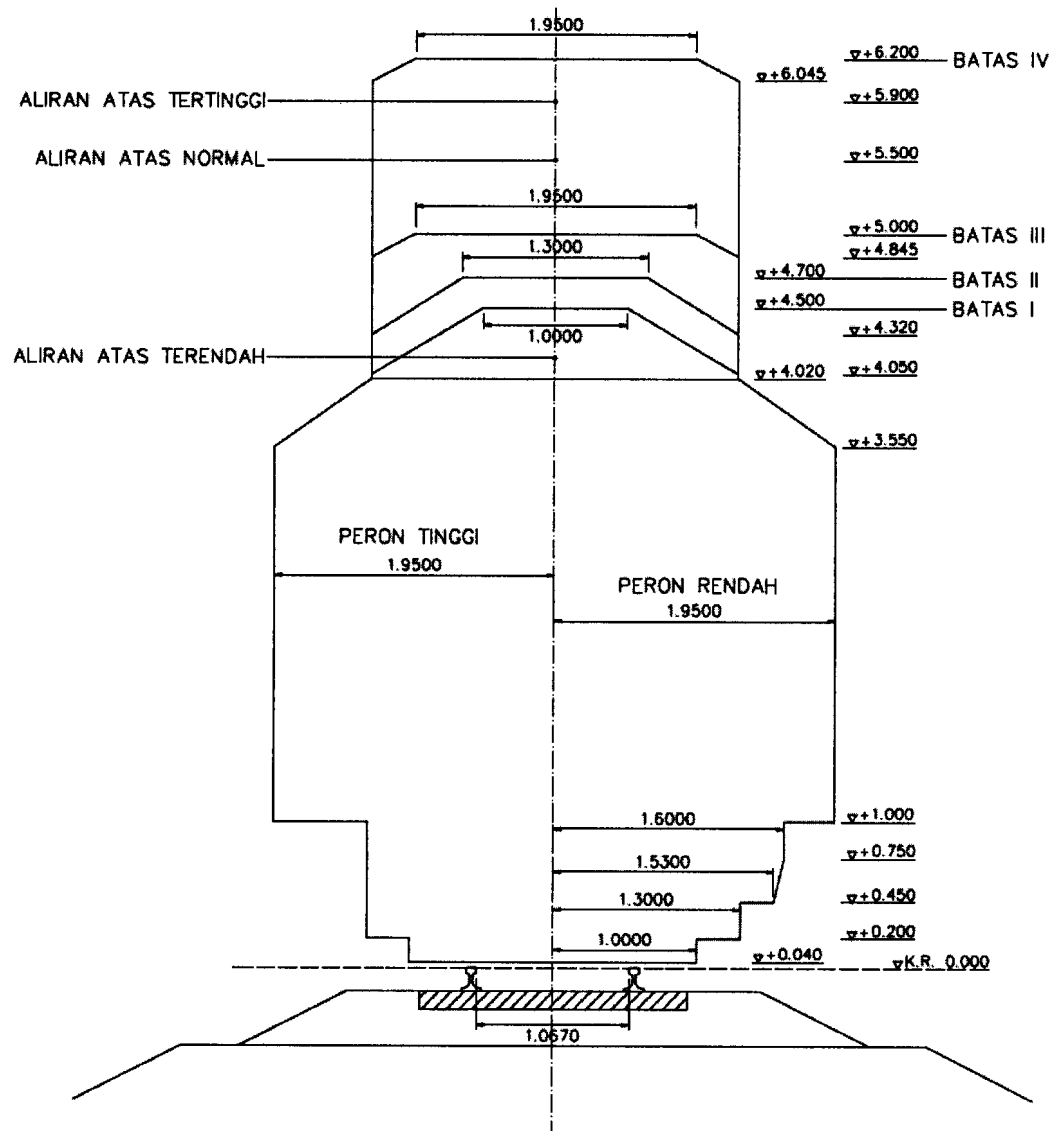
3.3.2.1. Terowongan Pegunungan.

- a. Komponen terowongan pegunungan terdiri dari:
 1. Portal;
 2. Beton tembak (*shotcrete*);
 3. Baja penyangga (*steel support*);
 4. Baut batuan (*rock bolt*);
 5. Dasar Terowongan(*invert*);
 6. Dinding; dan
 7. Fasilitas pendukung.
- b. Portal dirancang dengan memperhitungkan keadaan tanah/batuan, ukuran penampang melintang, lokasi, dampak terhadap lingkungan dan metode konstruksi portal.
- c. Beton tembak dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 1. Dapat terikat dengan permukaan batuan/tanah dan memiliki kekuatan lekat awal sehingga tidak terjatuh oleh beratnya sendiri;
 2. Dalam jangka panjang mampu mempertahankan kekuatan (*strength*), ketahanan (*durability*), kedap air (*watertightness*) dan kelekatan (*adherability*) untuk mempertahankan stabilitas terowongan; dan
 3. Kuat tekan dasar beton tembak sekurang-kurangnya 18 N/mm^2 (18 MPa) pada umur 28 hari dan kekuatan sekurang-kurangnya 8 N/mm^2 (8 MPa) pada umur 1 (satu) hari.
- d. Baja penyangga (*steel support*) dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 1. Mampu memikul batuan sekurang-kurangnya sebelum beton tembak dapat bekerja secara optimal;
 2. Baja penyangga (*steel support*) dilengkapi dengan kait (*bracing*) penyangga yang menghubungkan penyangga yang satu dengan lainnya; dan
 3. Mutu material baja penyangga minimal setara SS 400 atau ASTM A709 grade 36.
- e. Baut batuan harus dirancang agar mampu berfungsi sebagai penyangga dengan persyaratan berikut:
 1. Kekuatan penjangkaran baut batuan harus lebih besar dari kekuatan tarik baut batuan itu sendiri;
 2. Kekuatan baut batuan diperhitungkan berdasarkan kebutuhan beban penyanggaan;
 3. Baut batuan dilengkapi dengan pelat tumpu (*bearing plate*) untuk menyalurkan gaya dari baut ke beton tembok sehingga merupakan satu kesatuan penyangga; dan
 4. Mutu baut batuan sekurang-kurangnya mempunyai kekuatan tarik 200 kN atau spesifikasi ASTM.

- f. Dasar terowongan (*Invert*) dirancang berdasarkan kekuatan desain sekurang-kurangnya 18 N/mm² (18 Mpa) pada umur 28 hari.
- g. Dinding terowongan dirancang berdasarkan kekuatan desain sekurang-kurangnya 18 N/mm² (18 Mpa) pada umur 28 hari.
- h. Fasilitas pendukung terowongan sekurang-kurangnya:
 - 1. sistem sirkulasi udara;
 - 2. jalan inspeksi/ruang penyelamatan.

3.3.2.2. Terowongan Gali Timbun dan Perisai.

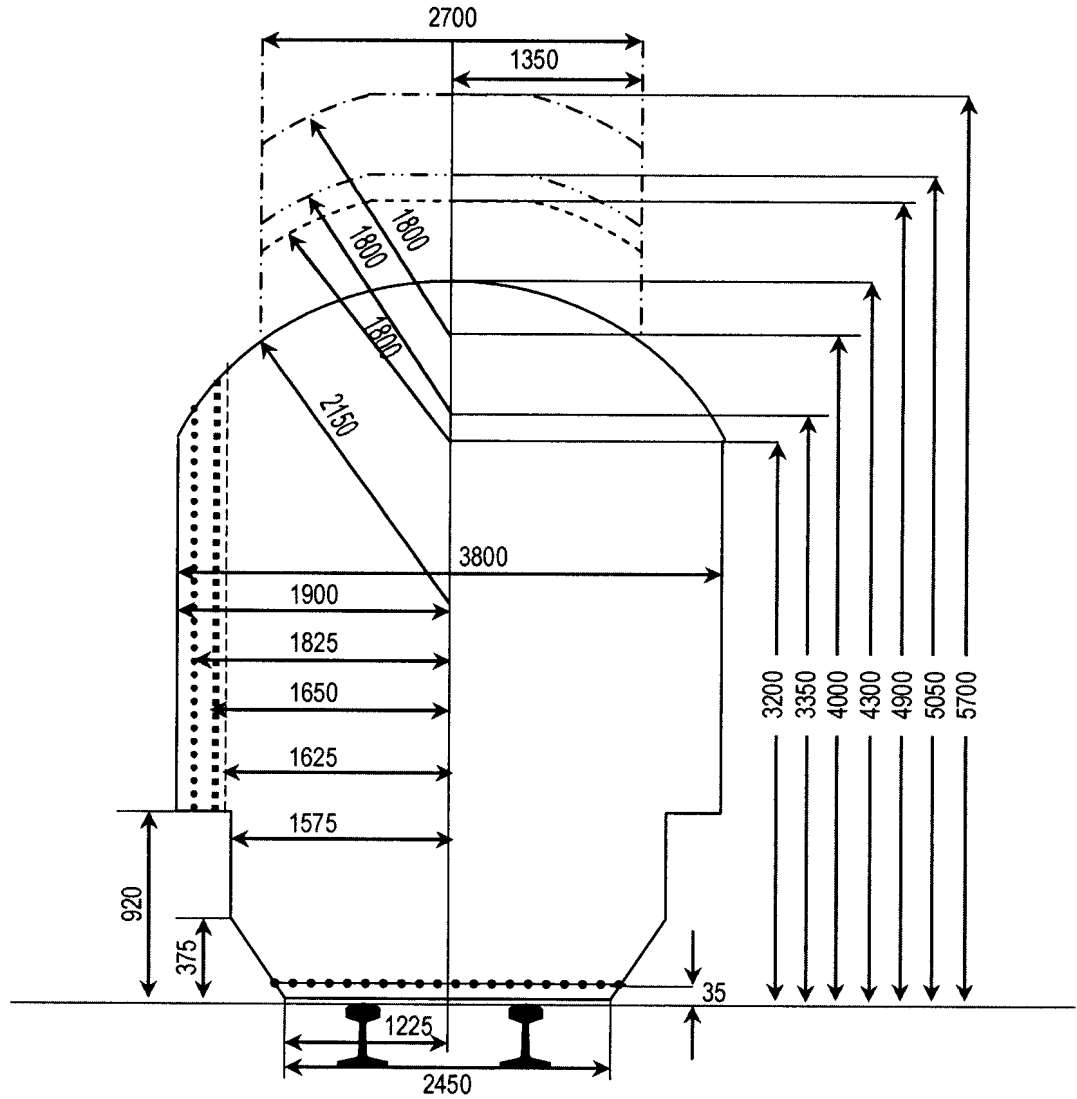
- a. Komponen terowongan gali timbun terdiri dari:
 - 1. Lining; dan
 - 2. *Invert*.
- b. Fasilitas pendukung terowongan sekurang-kurangnya:
 - 1. Jalan inspeksi / evakuasi;
 - 2. Sistem sirkulasi udara;
 - 3. Telepon darurat;
 - 4. Peralatan informasi jenis tombol tekan (*pushbutton*);
 - 5. Pendeteksi api (*fire detector*);
 - 6. Peralatan alarm darurat;
 - 7. Pemadam api;
 - 8. Papan petunjuk evakuasi; dan
 - 9. Lampu penerangan.



Gambar 1-1: Ruang bebas lebar jalan rel 1067 mm pada bagian lurus

Keterangan :

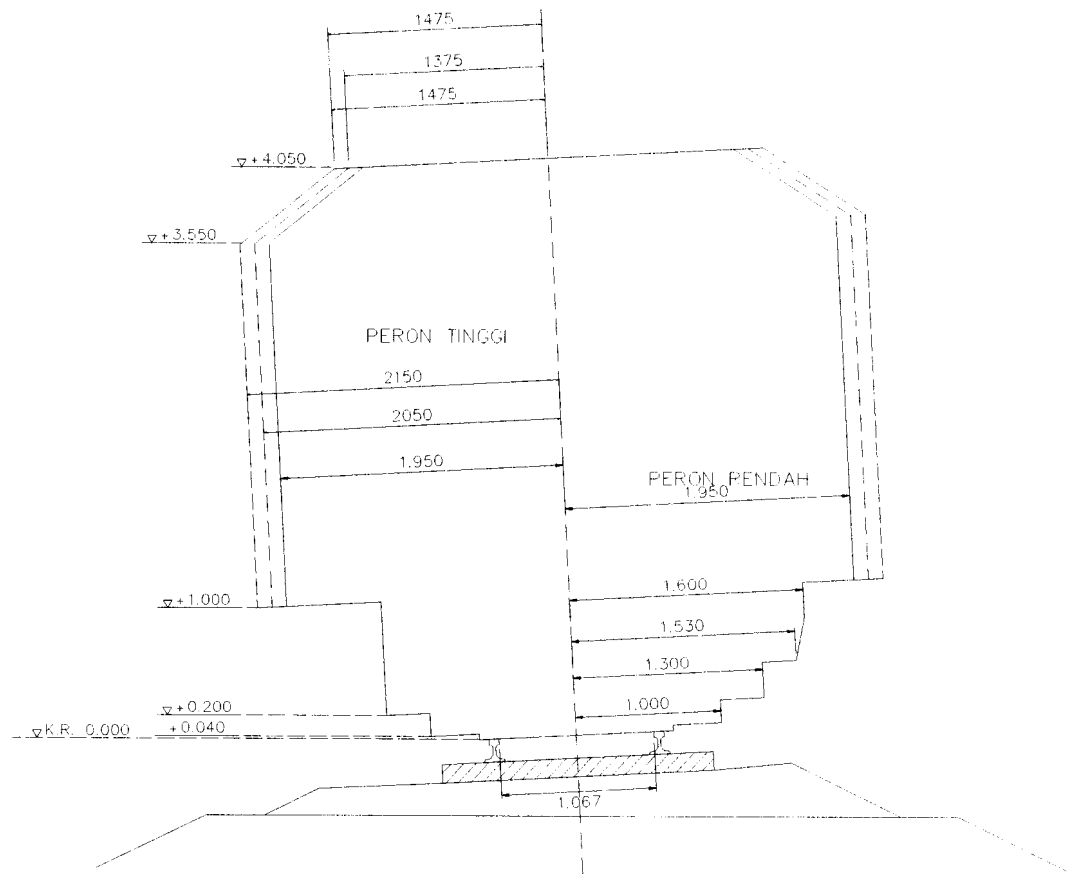
- Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam
- Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.
- Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan
- Batas IV = Untuk lintas kereta listrik



Gambar 1-2 : Ruang bebas lebar jalan rel 1435 mm pada bagian lurus

Keterangan :

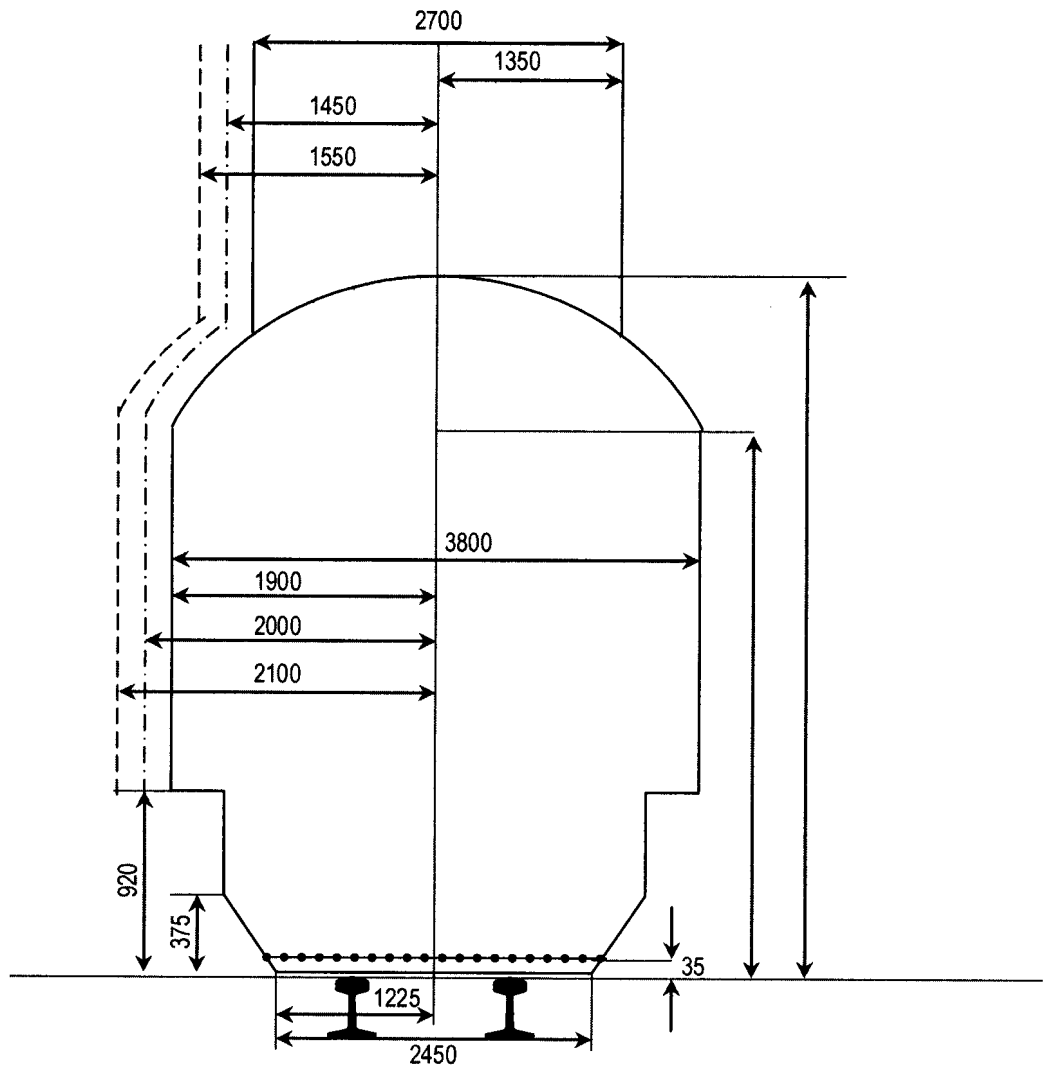
- Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam
- Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.
- Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan.
- Batas IV = Untuk lintas kereta listrik.



Gambar 1-3 Ruang Bebas lebar jalan rel 1067 mm pada Lengkungan

Keterangan :

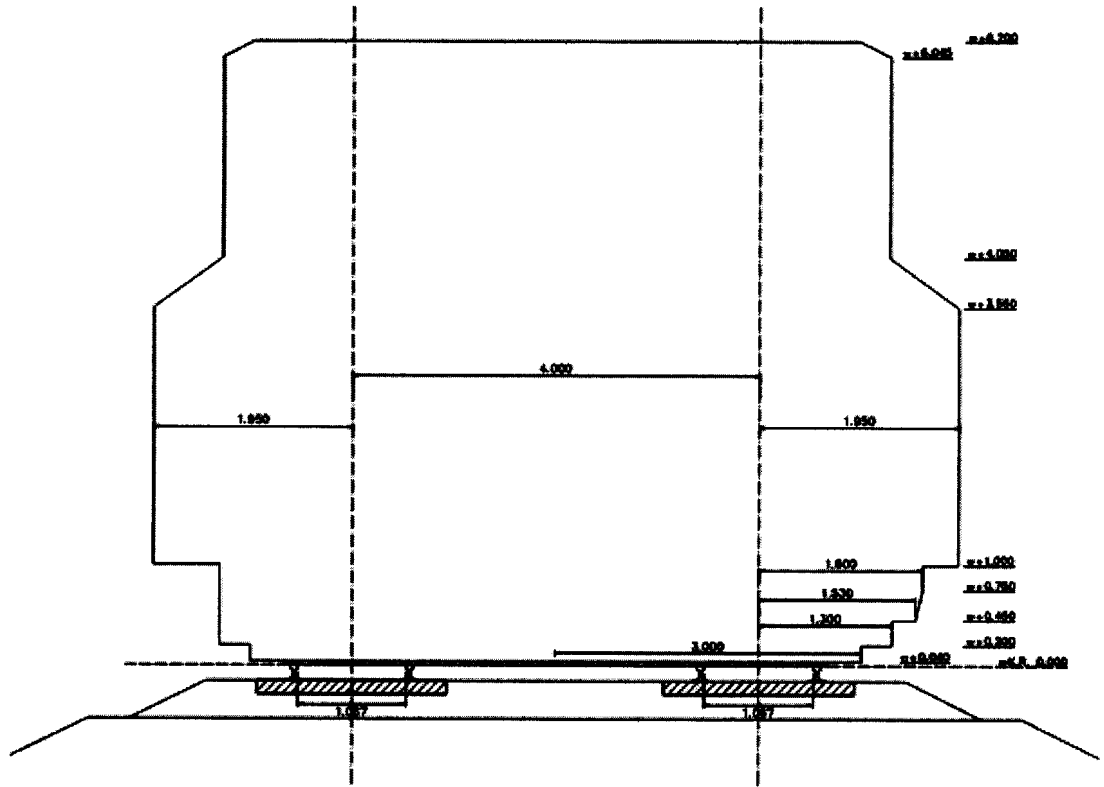
| | |
|-----------------|---|
| — — — — — | Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari-jari > 3000 m. |
| - . - . - . - . | Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari 300 sampai dengan 3000 m |
| - - - - - | Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari < 300 m. |



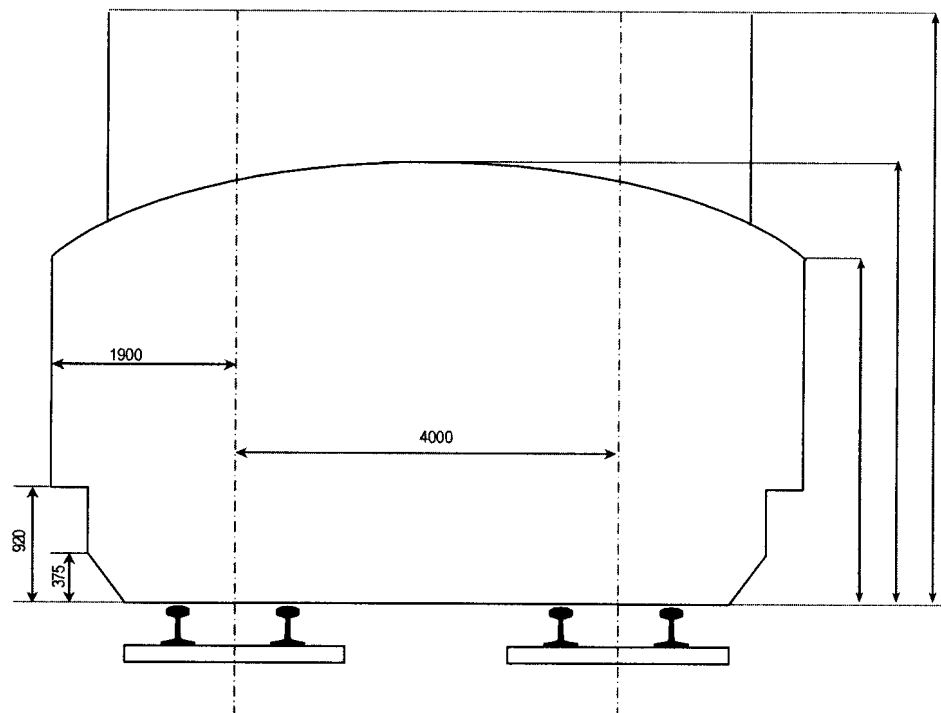
Gambar 1-4 Ruang Bebas lebar jalan rel 1435 mm pada Lengkungan

Keterangan :

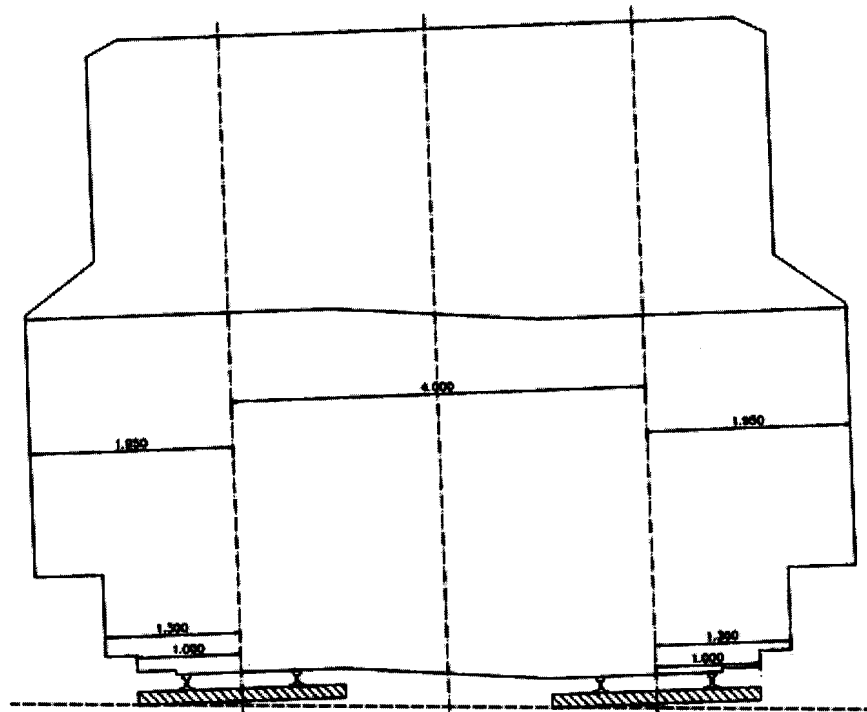
| | |
|---------------------|---|
| ————— | Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari-jari > 3000 m. |
| - . - . - . - . - . | Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari 300 sampai dengan 3000 m |
| - - - - - | Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari < 300 m. |



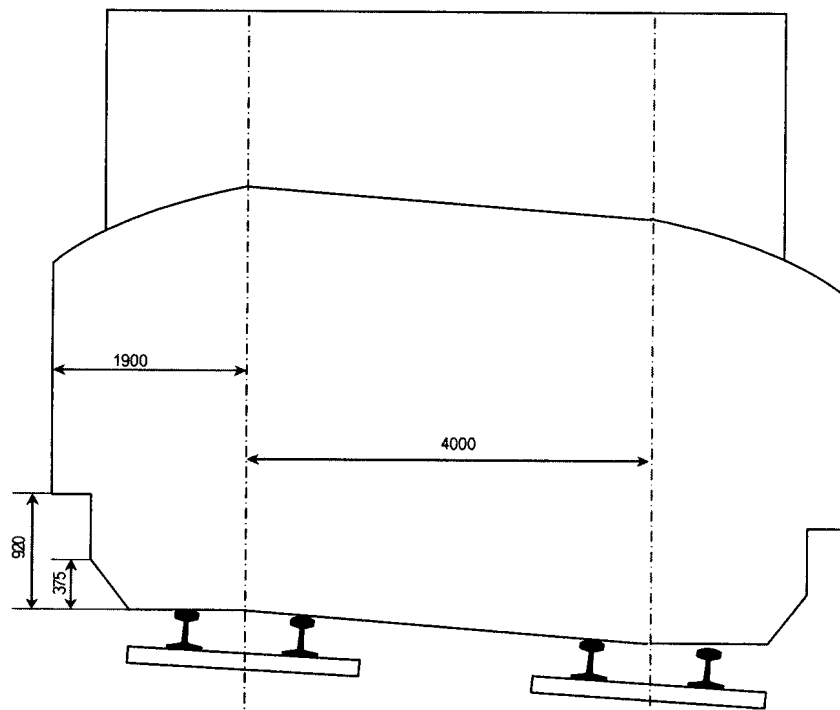
Gambar 1-5: Ruang Bebas lebar rel 1067 mm pada Jalur Lurus untuk Jalur Ganda



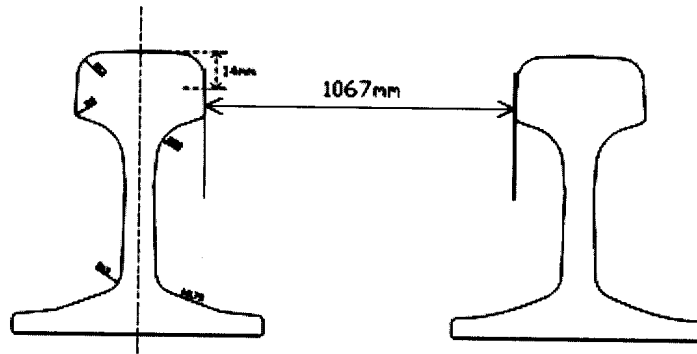
Gambar 1-6: Ruang Bebas lebar rel 1435 mm pada Jalur Lurus untuk Jalur Ganda



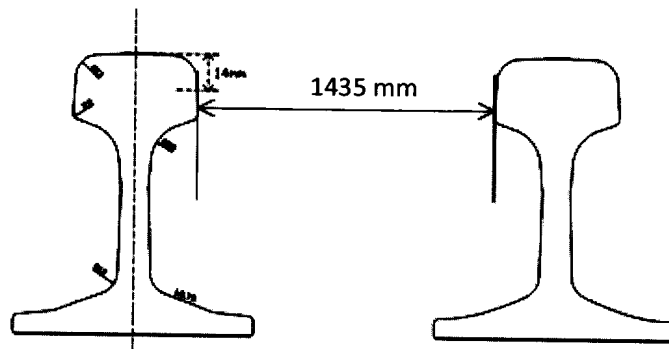
Gambar 1-7: Ruang Bebas lebar rel 1067 mm pada Lengkungan untuk Jalur Ganda



Gambar 1-8: Ruang Bebas lebar rel 1435 mm pada Lengkungan untuk Jalur Ganda



Gambar 2-1



Gambar 2-2

MENTERI PERHUBUNGAN,

ttd

FREDDY NUMBERI

SALINAN sesuai dengan aslinya
KEPALA BUREAU HUKUM & KSLN

UMAR ARIS, SH. MM, MH
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19630220 198903 1 001