

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Studi Kelayakan Pembangunan

Studi Kelayakan adalah penganalisaan suatu aspek tertentu dari sebuah proyek yang akan dilaksanakan sehingga menghasilkan suatu keputusan layak atau tidak layaknya proyek tersebut dilaksanakan dengan mengacu pada manfaat yang akan didapatkan dari proyek tersebut. Tujuannya adalah menghasilkan pilihan dalam menentukan layak atau tidaknya suatu proyek tersebut dijalankan sesuai dengan persyaratan atau peraturan yang diterapkan pada proyek tersebut. Studi kelayakan ini hanya akan menganalisis kajian teknis penempatan rute jalur kereta apinya saja tanpa memperhatikan aspek ekonomi dan sosialnya, dikarenakan aspek – aspek tersebut diumpamakan telah selesai dikaji. Jadi tujuan dari studi kelayakan pembangunan jalur rel ini adalah menghasilkan rute jalur kereta api yang efisien dan ekonomis.

Hal yang menjadi dasar studi kelayakan ini adalah konsep perencanaan transportasi, pengembangan model pemilihan moda, persyaratan teknis jalur kereta api, persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan, analisis volume lalu lintas, penganalisaan topografi, potensi permintaan perjalanan dan model pemilihan moda. Pokok tersebut akan menjadi bahan pertimbangan dalam menganalisa pembangunan jalur kereta api ini sehingga menghasilkan rute jalur kereta api yang efisien.

3.2 Bangkitan dan Tarikan Pergerakan

Bangkitan pergerakan adalah tahapan pemodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. Pergerakan lalu lintas merupakan fungsi tata guna lahan yang menghasilkan pergerakan lalulintas. Bangkitan lalu lintas ini mencakup:

1. lalulintas yang meninggalkan suatu lokasi
2. lalulintas yang menuju atau tiba ke suatu lokasi.

Bangkitan dan tarikan pergerakan terlihat secara diagram pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bangkitan dan Tarikan Pergerakan

Sumber : *Comprehensive Transport Planning*, Wells 1975

Untuk mendapatkan besaran jumlah bangkitan dan tarikan pergerakan suatu wilayah perlu dilakukan survei wawancara rumah tangga (*Home Interview*) atau survei wawancara di jalan (*Road Side Interview*). Dalam kajian ini dilakukan pendekatan yaitu melakukan survei wawancara di jalan (*Road Side Interview*).

3.3 Pengembangan Model Pemilihan Moda

3.3.1 Jumlah sampel dan kecukupan sampel data

Penentuan jumlah sampel didasarkan pada kecukupan data yang dibutuhkan berdasarkan jumlah populasi yang telah diproyeksikan pada tahun perencanaan. Populasi menjadi objek dari penelitian ini adalah pengguna angkutan umum, dan pengguna kendaraan pribadi yang menempuh perjalanan dari Yogyakarta menuju Borobudur. Jumlah populasi dihitung berdasarkan jumlah pergerakan yang dibagi berdasarkan proporsi penggunaan modanya baik untuk angkutan umum maupun kendaraan pribadi (Dirjen Perkeretaapian, 2014). Banyaknya sampel pada penelitian ini ditentukan dengan rumus Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (3-1)$$

Keterangan:

n = jumlah elemen / anggota sampel

N = jumlah elemen / anggota populasi

e = error level (tingkat kesalahan)

3.3.2 *Stated preference*

Stated Preference adalah sebuah pendekatan dengan menyampaikan pernyataan pilihan (*option*) berupa suatu hipotesa untuk dinilai oleh responden. Melalui metode ini bisa dilakukan kontrol eksperimen kehidupan nyata dalam sistem transportasi (Ortuzar J. D. and Willumsen L. G., 1994). Pada metode ini akan

dibuat sebuah desain eksperimen untuk membangun alternatif hipotesa terhadap situasi dan selanjutnya akan disajikan kepada responden.

Keunggulan dari *stated preference* ini terletak pada kebebasan desain eksperimennya dalam menemukan variasi yang luas bagi penelitian itu sendiri. Penggunaan *stated preference* untuk membangun keseimbangan mengacu pada tahap-tahap berikut:

1. Adanya identifikasi pilihan dari setiap alternatif dengan kata lain seluruh pilihan penting harus realistis
2. Penyampaian pilihan harus mudah dimengerti, sehingga responden tidak kesulitan dalam menentukan pilihan
3. Adanya strategi sampel untuk menjamin perolehan data yang representatif

3.4 Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, persyaratan teknis ini dimaksudkan sebagai pedoman teknis bagi penyelenggara prasarana perkeretaapian dalam pembangunan jalur kereta api yang menjamin keselamatan dan keamanan. Peraturan ini bertujuan agar jalur kereta api yang dibangun dan digunakan berfungsi sesuai peruntukannya dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi, mudah dirawat dan dioperasikan.

3.4.1 Klasifikasi jalan rel

Pada klasifikasi ini akan menentukan kelas, lebar jalan rel yang direncanakan dan beban gandar maksimum dari jalan rel tersebut.

3.4.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel (PM 60, 2012).

1. Untuk jalan rel

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks} \quad (3-2)$$

2. Untuk peninggian

$$V_{rencana} = c \times \frac{\sum NiVi}{\sum Ni} \quad (3-3)$$

Keterangan :

C = faktor, ditetapkan = 1,25

Ni = jumlah kereta api yang lewat,

Vi = kecepatan operasi, yaitu kecepatan rata – rata kereta api pada petak jalan tertentu

3. Untuk jari – jari lengkung peralihan

$$V_{rencana} = V_{maks} \quad (3-4)$$

3.4.3 Beban gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari suatu gandar. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 80 ton. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton (PM 60, 2012).

3.4.4 Kelas jalan rel

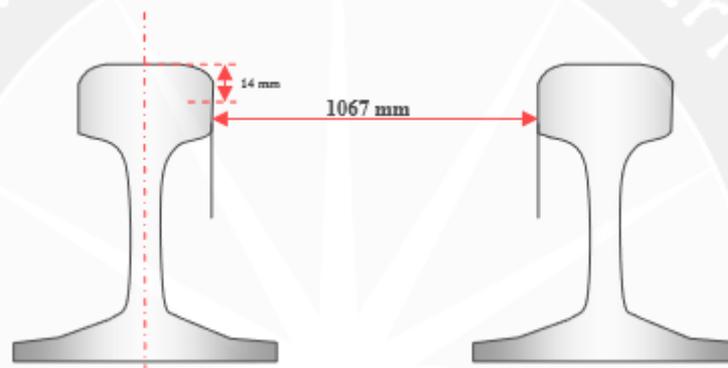
Tabel 3.1 Kelas Jalan Rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	>20.10 ⁶	120	18	R.60/R.54	Beton	Elastis Ganda	30	60
					60			
II	10.10 ⁶ -20.10 ⁶	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	Elastis Ganda	30	50
					60			
III	5.10 ⁶ -10.10 ⁶	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda	30	40
					60			
IV	2,5.10 ⁶ -5.10 ⁶	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
					60			
V	<2,5.10 ⁶	80	18	R.42	Kayu/Baja	Elastis Tunggal	25	35
					60			

Sumber: PM 60/2012

3.4.5 Lebar jalan rel

Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel. penyimpangan lebar jalan rel untuk lebar 1067 mm yang dapat diterima +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru dan +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan. Toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 dan +3 (PM 60, 2012).



Gambar 3.2 Lebar Jalan Rel 1067 mm

Sumber: PM 60/2012

3.4.6 Alinemen horizontal

A. Lengkung lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung – lengkung peralihan (PM 60, 2012).

Tabel 3.2 Jari – jari Minimum yang Diijinkan

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari minimum Lengkung lingkaran Tanpa lengkung Peralihan (m)	Jari-jari inimum 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

Sumber: PM 60/2012

B. Lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari – jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara dua jari – jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari – jari lengkung yang relatif kecil (PM 60, 2012).

Panjang lengkung peralihan minimum dirumuskan sebagai berikut ini:

$$L_n = 0,01hV \quad (3-5)$$

Keterangan :

L_n = panjang minimum lengkung (m)

H = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm)

V = kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

C. Lengkung S

Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbedah arah lengkungnya terletak bersambungan dan harus memiliki transisi lurus sekurang – kurangnya sepanjang 20 m di luar lengkung peralihan (PM 60, 2012).

D. Pelebaran jalan rel

Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam. Pelebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan (PM 60, 2012).

Tabel 3.3 Pelebaran Jalan Rel Untuk 1067 mm

Jari-jari Tingkungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5
$400 < R < 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Sumber: PM 60/2012

E. Peninggian rel

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi

semestinya dan rel luar lebih tinggi. Besar peninggi maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm dan untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah 150 mm (PM 60, 2012).

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya peninggian h dari sebuah lengkung pada rel 1067 mm adalah:

$$h_{normal} = 5,95 \frac{(V_{rencana})^2}{jari - jari} \quad (3-6)$$

Keterangan :

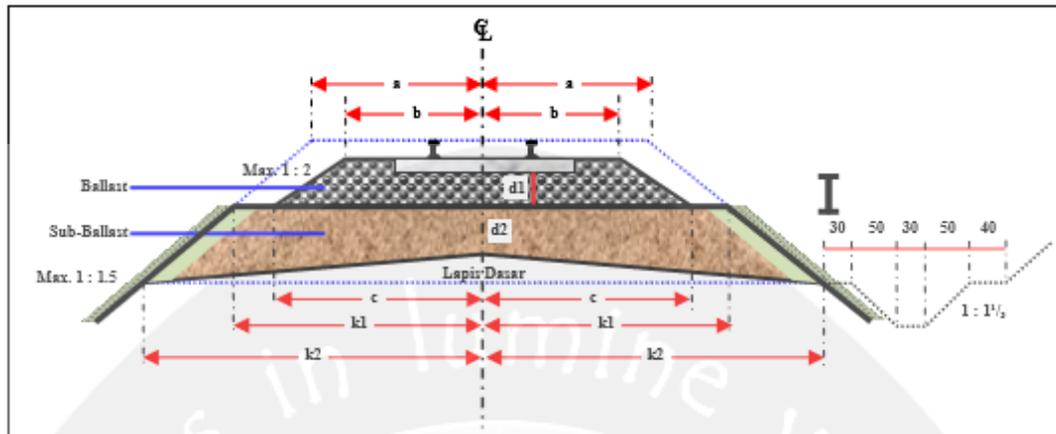
H = Peninggian (mm)

V = Kecepatan rencana kereta api (km/jam)

R = Jari – jari lengkung (m)

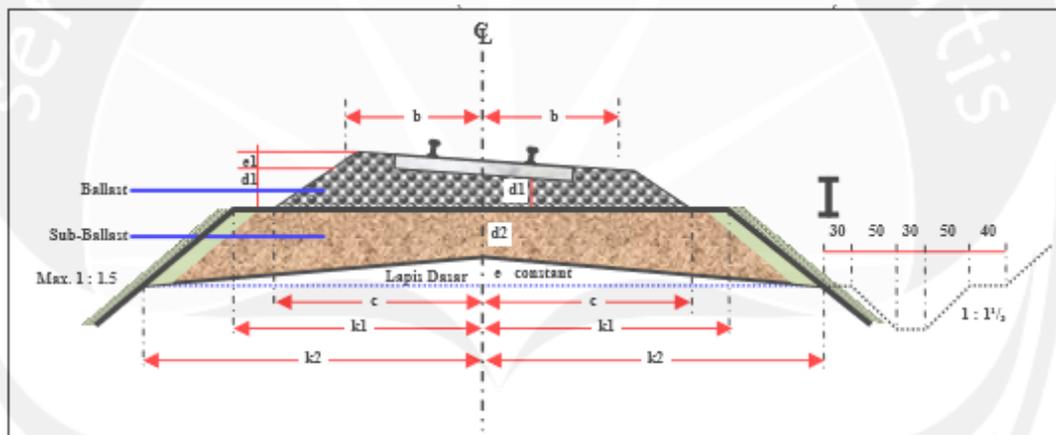
3.4.7 Penampang melintang

Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel, terlihat bagian – bagian dengan ukuran – ukuran jalan rel dalam arah melintang (PM 60, 2012).



Gambar 3.3 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1067 mm)

Sumber: PM 60/2012



Gambar 3.4 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan (Lebar Jalan Rel 1067 mm)

Sumber: PM 60/2012

Tabel 3.4 Tabel Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	k1 (cm)	d1 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	1210	30	150	265	15 - 50	25	375
II	110	30	150	265	15 - 50	25	375
III	100	30	140	240	15 - 50	22	325
IV	90	25	140	240	15 - 35	20	300
V	80	25	135	240	15 - 35	20	300

Sumber: PM 60/2012

3.4.8 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertical yang melalui sumbu jalan rel. Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kelandaian. Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki transisi lurus sekurang – kurangnya 20 m (PM 60, 2012).

Tabel 3.5 Jari – jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber: PM 60/2012

3.4.9 Kelandaian

Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen.

a. Pengelompokan lintas

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu jalan rel dapat dibedakan atas 4 (empat) kelompok (PM 60, 2012).

Tabel 3.6 Pengelompokan Lintas Berdasar Pada Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Emplasemen	0 sampai 1,5 ‰
Lintas datar	0 sampai 10 ‰
Lintas pengunungan	10 ‰ sampai 40 ‰
Lintas rel gigi	40 ‰ sampai 80 ‰

Sumber: PM 60/2012

b. Landai penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Kelandaian di emplasemen maksimum yang diijinkan adalah 1,5‰. Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu. Apabila di suatu kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahanannya tetap (PM 60, 2012).

Tabel 3.7 Landai Penentu

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

Sumber: PM 60/2012

c. Landai curam

Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landau penentu. Kelandaian ini disebut landai curam (PM 60, 2012). Panjang maksimum landai curam dapat ditentukan melalui rumus pendekatan sebagai berikut:

$$\ell = \frac{v_a^2 - v_b^2}{2g(S_k - S_m)} \quad (3-7)$$

Keterangan :

ℓ = panjang maksimum landai curam (m)

V_a = kecepatan maksimum yang diijinkan dikaki landai curam m/detik

V_b = kecepatan minimum dipuncak landai curam (m/detik) $v_b \geq \frac{1}{2} v_a$

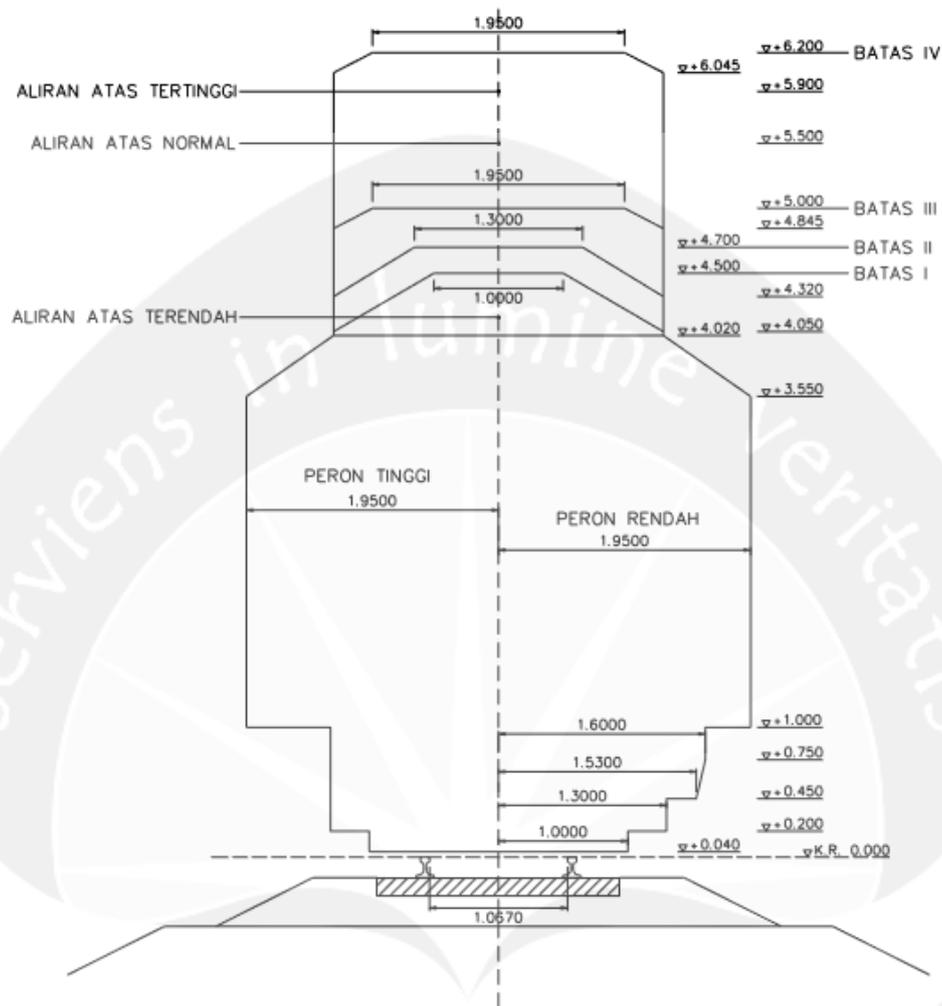
g = percepatan gravitasi

S_k = besar landai curam (‰)

S_m = besar landau penentu (‰)

3.4.10 Ruang bebas jalan kereta api

Ruang bebas adalah ruang diatas sepur 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 untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi adalah seperti yang tertera pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 (PM 60, 2012).

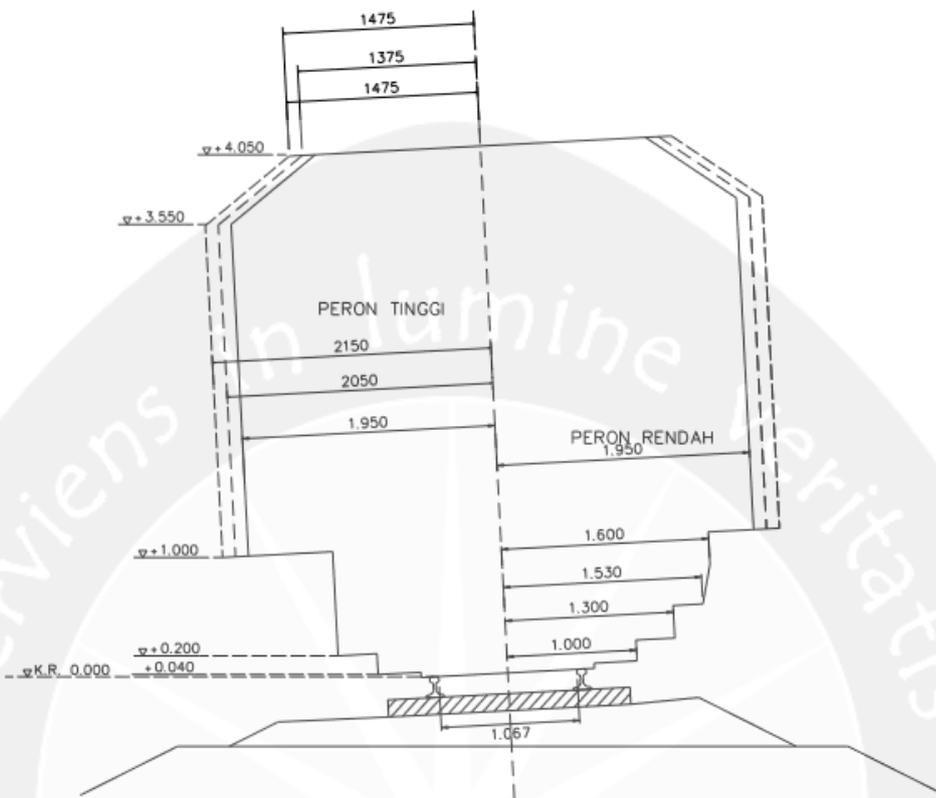


Keterangan :

- 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 3.5 Ruang Bebas pada Bagian Lurus

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 60 Tahun 2012



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 3.6 Ruang Bebas pada Lengkung

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 60 Tahun 2012

Ruang bangun adalah ruang di sisi jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap. Batas ruang bangun diukur dari sumbu jalan rei pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter. Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan seperti pada Tabel 3.8

Tabel 3.8 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	Minimal 2,35m di kiri Kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan jalan rel
Emplasemen	Minimal 1,95 m di kiri Kanan as jalan rel	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as Jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 60 Tahun 2012

3.4.11 Bangunan pelengkap

Bangunan pelengkap ini disesuaikan dengan kondisi trase rencana kereta api yang akan di desain (PM 60, 2012). Bangunan pelengkap umum antara lain:

- a. Jembatan
- b. *Duicker*/urung – urung
- c. *Box culvert*
- d. Gorong – gorong
- e. Saluran terbuka

Pada prinsipnya desain yang diusulkan untuk bangunan pelengkap adalah sebagai berikut:

1. Jembatan dengan bentang $10 < L < 20$ m, direncanakan dari material beton bertulang dengan penyesuaian kondisi lingkungan sekitar, sedangkan untuk jembatan dengan bentang $L > 20$ m, direncanakan dengan konstruksi baja.

2. Jembatan dengan bentang $L \leq 10$ m

Untuk meniadakan pemeliharaan konstruksi maka untuk jembatan dengan bentang ≤ 10 m direncanakan *box culvert*.

3. *Duicker*/urung-urung

Jenis struktur untuk bangunan pelengkap, direncanakan *box culvert* dengan luas minimal penampang basah masing-masing sungai.

4. *Box culvert*

Jenis struktur untuk konstruksi direncanakan dengan struktur *box culvert*.

5. Gorong-gorong

Jenis konstruksi ini direncanakan dengan konstruksi gorong-gorong dengan diameter lubang $\geq 0,50$ m.

6. Saluran terbuka

Jenis konstruksi yang diusulkan untuk struktur ini, direncanakan pada daerah-daerah galian (*cutting area*).