

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kondisi Tata Guna Lahan

Secara garis besar kondisi wilayah perencanaan pembangunan rel kereta api jalur Lumajang – Rambipuji melewati wilayah dataran relatif datar. Tata guna lahan trase jalur KA Lumajang sampai Rambipuji yaitu tanah kosong tanpa dikelola, tanah kosong dengan pemanfaatan sebagai tambak dan lahan pertanian, tanah dengan bangunan pemanfaatan usaha pergudangan dan industry, tanah kosong pemanfaatan untuk *real estate* (pengembang). sedangkan status kepemilikan lahan dikelompokkan sebagai tanah milik masyarakat secara perorangan, tanah milik badan usaha swasta dengan pemanfaatan sebagai pergudangan dan industry, tanah milik badan usaha swasta dengan pemanfaatan sebagai perumahan.

2.2 Susunan Jalan Rel

2.2.1 Rel

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

a. Umum

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

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

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

Tabel 2. 1 Tipe Rel

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

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

Tabel 2. 2 Karakteristik

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

Rel dalam kereta api yang digunakan menurut panjangnya dibedakan tiga jenis rel, yaitu:

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

c. Sambungan Rel

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun

2012 yang dimaksud dengan sambungan rel dalam pasal, ini adalah sambungan yang menggunakan pelat penyambung dan baut-mur. Macam – macam sambungan dari kedudukan terhadap bantalan dibedakan dua macam sambungan rel, yaitu:

1. Sambungan melayang
2. Sambungan menumpu

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

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

2.2.2 Wesel

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

rel paksa dan sistem penggerak. Nomor dan kecepatan ijin pada wesel dapat dilihat tabel 2.3.

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

Tabel 2. 3 Wesel

tg	1:8	1:10	1:12	1:14	1:16	1:20
No. wesel	W 8	W 10	W 12	W 14	W 16	W2
Kecepatan ijin (km/j)	25	35	45	50	60	70

2.2.3 Bantalan

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 bantalan berfungsi meneruskan bahan dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia. Bantalan di bagi dalam berbagai jenis bantalan, yaitu bantalan kayu, baja, bantalan beton tunggal depan, bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses “posttension”, bantalan beton blok ganda. Jarak bantalan Baik bantalan beton, baja maupun kayu, pada jalan lurus jumlah bantalan yang dipergunakan adalah 1.667 buah tiap kilometer panjang. Pada lengkungan, jarak bantalan diambil sebesar 60 cm diukur pada rel luar.

2.2.4 Penambatan Rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser (PM 60, 2012). Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastic dan penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas

tirpon, mur dan baut. Penambat elastik tunggal dan penambat elastik ganda. Penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tarpon, mur dan baut. Pada bantalan beton, tidak diperlukan pelat andas, tetapi dalam hal ini tebal karet las (rubber pad) rel harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

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

2.2.5 Bantalan

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan, PM 60 Tahun 2012 bantalan berfungsi meneruskan bahan dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia. Bantalan di bagi dalam berbagai jenis bantalan, yaitu bantalan kayu, baja, bantalan beton tunggal depan, bantalan beton pratekan blok tunggal dengan proses “posttension”, bantalan beton blok ganda. Jarak bantalan Baik bantalan beton, baja maupun kayu, pada jalan lurus jumlah bantalan yang dipergunakan adalah 1.667 buah tiap kilometer panjang. Pada lengkungan, jarak bantalan diambil sebesar 60 cm diukur pada rel luar

2.3 Geometri Jalan

Perencanaan Geometri jalan rel menyangkut perencanaan bentuk dan ukuran jalan rel, baik di arah melebar maupun di arah memanjang. Perencanaan

kearah memanjang juga perlu memperhatikan pengaruh lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh keadaan yang perlu dihindari adalah badan jalan rel membendung aliran air permukaan.

2.3.1 Lengkung Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Lengkung horizontal diklasifikasikan berdasarkan kecepatan rencana (km/jam) seperti pada tabel 2,4 (PM 60,2012)

Tabel 2. 4 Tabel Horizontal

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

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

$$R_{min} = 0.054 \cdot V^2$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= 0.054 \cdot 150^2 \\
 &= 3690
 \end{aligned}$$

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan menggunakan rumus

$$1h = 0,01 \times h \times v$$

2.3.2 Lengkung Vertikal

$1h$ = Panjang minimum lengkung peralihan (m)

h = Peninggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (m)

v = Kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

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

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

2.3.3 Pelebaran Sepur

Pelebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran sepur tiap jari-jari tikungan dapat dilihat pada table 2.5 (PM 60, 2012)

Tabel 2. 5 Tabel. (PM 60, 2012)

Jari-Jari Tikungan (m)	Pelebaran (m)
$R > 400$	0

$350 < R \leq 400$	5
$300 < R \leq 350$	10
$250 < R \leq 300$	15
$R \leq 250$	20

2.4 Jalur Rel Kereta Api

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

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

2.5 Konstruksi Badan Jalan

Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran (PM 60, 2012). Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada

kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.

2.6 Konstruksi Badan Dengan Struktur

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

2.7 Konstruksi Badan Jalan Pada Galian

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

2.8 Perbaikan Tanah untuk Konstruksi Badan Jalan

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