

Pengenalan Komponen Jalan Rel Kereta Api

Hana Wardani Puruhita*¹, Rusman Prihatanto², Akhwan³, David Malaiholo⁴, Muhamad Adib Kurniawan⁵, Ahmad Ependi⁶

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Indonesia

*e-mail: hana@ppi.ac.id¹, rusman@ppi.ac.id², akhwan@ppi.ac.id³, david@ppi.ac.id⁴, adib@ppi.ac.id⁵, ependi@ppi.ac.id⁶

Abstrak

Tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk memberikan materi tambahan bagi mahasiswa teknik sipil secara umum karena banyak perguruan tinggi yang tidak terdapat silabus perkeretaapian didalamnya, sehingga materi tambahan ini dapat memberikan kontribusi bagi seluruh mahasiswa untuk memahami komponen apa saja yang ada di transportasi perkeretaapian. Diharapkan setelah lulus perkuliahan, ilmu pengetahuan mengenai perkeretaapian ini mampu mendukung mereka untuk bersaing dalam bidang perkeretaapian. Target khusus yang ingin dicapai dalam pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini adalah memberikan kontribusi khusus dalam membagikan ilmu pengetahuan mengenai prasarana perkeretaapian secara berkala dari pengenalan hingga pemeriksaan prasarana perkeretaapian. Strategi yang akan dipakai dalam pencapaian tujuan pengabdian kepada masyarakat ini adalah teknik mengajar dengan metode pengajaran yang jelas, menarik, tidak berbelit-belit, dan komunikatif, dengan tatap muka. Hasil pencapaian pengajaran yaitu mahasiswa memahami materi yang diberikan, terlihat dari jawaban atas mini project yang dikerjakan, jawaban sesuai dengan materi dan dapat diselesaikan dalam waktu tertentu, sehingga sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Kata kunci: jalan rel, jalur, komponen, perkeretaapian, prasarana,

Abstract

The aim of this community service activity is to provide additional material for civil engineering students in general because many universities do not have a railway syllabus in them, so this additional material can contribute to all students understanding what components exist in railway transportation. It is hoped that after graduating from college, this knowledge about railways will be able to support them to compete in the railway sector. The specific target to be achieved in implementing this community service is to make a special contribution in sharing knowledge about railway infrastructure on a regular basis from introduction to inspection of railway infrastructure. The strategy that will be used to achieve the goal of community service is teaching techniques with clear, interesting, uncomplicated and communicative teaching methods, face to face. The results of teaching achievement are that students understand the material provided, as can be seen from the answers to the mini projects carried out, the answers are in accordance with the material and can be completed within a certain time, so that they are in accordance with the learning objectives.

Keywords: components, infrastructure, lines, railroads, railways

1. PENDAHULUAN

Menurut Hadihardaja (1997) yang terdapat pada buku dengan judul Sistem Transportasi [1] menyatakan bahwa transportasi adalah pemindahan penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat lain. Salah satu jenis moda transportasi adalah transportasi darat, yaitu jalan raya, jalan rel, transportasi pipa, dan transportasi gantung.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 60 tahun 2012 [2], dikatakan bahwa 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. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. 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. 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.

Ada beberapa perguruan tinggi pada fakultas Teknik Sipil, pengetahuan mengenai prasarana perkeretaapian masuk ke dalam penjurusan, sehingga tidak semua mahasiswa mendapatkan materi mengenai detail prasarana perkeretaapian. Oleh karena itu sangat diperlukan materi tambahan diluar perkuliahan. Dengan adanya pengabdian masyarakat dengan judul "Pengenaln Komponen Prasarana Perkeretaapian", maka diharapkan mahasiswa teknik sipil secara umum dapat memahami komponen yang ada pada transportasi darat jalan rel, sehingga setelah lulus dapat mendukung mahasiswa untuk mampu bersaing bekerja di bidang perkeretaapian supaya potensi pada bidang yang dimiliki lebih besar sesuai dengan pernyataan yang ada pada Kompasiana pada Januari 2024 [3] bahwa melibatkan diri dalam pekerjaan yang sesuai dengan jurusan kuliah memiliki potensi positif dalam banyak aspek. Kesesuaian tersebut memungkinkan seseorang untuk mengaplikasikan pengetahuan teoretis dan keterampilan praktis yang diperoleh selama masa studi.

Materi mengenai pengenalan jalan rel membahas tentang komponen kereta api yang dapat ditinjau dari PM. 60 tahun 2012. Persyaratan teknis jalur kereta api terdiri atas: persyaratan system jalur kereta api: kondisi yang harus dipenuhi untuk berfungsinya suatu system, yang salah satunya meliputi sistem jalan rel; Serta persyaratan komponen jalur kereta api merupakan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi setiap komponen sebagai bagian dari suatu sistem, salah satunya meliputi: komponen jalan rel.

Tujuan pada Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah: Menjelaskan materi mengenai apa saja komponen jalur kereta api serta menjelaskan materi mengenai apa saja spesifikasi teknis jalur kereta api. Sedangkan tujuan utama secara global, sama seperti pendapat yang dikemukakan pada web BEPH FKKMK UGM [4], tujuan utama pelaksanaan pengabdian adalah meningkatkan kualitas hidup orang-orang, mengatasi masalah social, dan memajukan keberlanjutan masyarakat. Melalui pengabdian, kita dapat memahami dan merasakan dampak positif yang dapat dihasilkan oleh kontribusi kita terhadap orang lain.

2. METODE

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan yang telah dicanangkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah teknik mengajar dengan metode pembelajaran kooperatif tipe STAD dimana model pembelajaran yang diberikan dapat merangsang aktifitas mahasiswa untuk mengemukakan pendapat, ide, dan gagasan dalam pembelajaran sesuai jurnal yang dilakukan oleh Maulana dan Akbar pada tahun 2017 [5] dengan cara komunikasi yang jelas, menarik, tidak berbelit-belit, dan komunikatif secara tatap muka. Selain itu, metode pengajaran yang diberikan juga dengan metode pendekatan pelatihan dan peningkatan pemahaman terhadap suatu masalah dalam bentuk ceramah dan tanya jawab dengan tahapan kegiatan pelatihan yaitu analisis kebutuhan pelatihan, desain program pelatihan, penyusunan materi pelatihan, implementasi pelatihan dan evaluasi pelatihan sesuai konsep yang disampaikan oleh Tofan tahun 2021 [6]. Melalui metode-metode tersebut, dilakukan tahapan dalam pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat, yaitu:

1. Menyusun proposal pengabdian kepada masyarakat
2. Melakukan survei lokasi Pengabdian kepada Masyarakat
3. Memberikan surat izin resmi dari pimpinan PPI Madiun
4. Menyiapkan bahan dan materi berupa PPT dan Modul pembelajaran
5. Menyiapkan hadiah sebagai mahasiswa aktif dan berprestasi
6. Mensosialisasikan materi dari buku (Membagikan modul pembelajaran)
7. Melakukan pembelajaran teori dan praktek dengan tatap muka di lokasi
8. Membagi mahasiswa menjadi beberapa kelompok, melakukan diskusi, dan tanya jawab
9. Melaksanakan pembagian tugas dan diskusi mengenai mini project sesuai materi
10. Membagikan hadiah untuk mahasiswa terpilih dan kenang-kenangan untuk dosen
11. Mensosialisasikan kegiatan pengabdian kepada masyarakat tahap berikutnya

12. Mengevaluasi kegiatan (Taliziduhu, 1989 [7]), yaitu melihat perbandingan antara tujuan dengan hasil kegiatan sehingga ditemukan tindak lanjutnya) dan menyusun laporan pengabdian kepada masyarakat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Modul berisikan materi pembelajaran mengenai komponen jalan rel kereta api sesuai dengan regulasi pada PM 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis bangunan perkeretaapian dapat dilihat dan di *download* pada link: s.id/27ssz. Dokumentasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat dapat dilihat pada gambar 1.

Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api [2], persyaratan sistem perkeretaapian adalah syarat-syarat yang harus dipenuhi agar suatu sistem dapat berfungsi, termasuk persyaratan Komponen Jalur Kereta Api, yaitu Spesifikasi Teknis yang harus dipenuhi oleh komponen sebagai bagian dari suatu sistem, termasuk komponen jalur kereta api.

Sesuai dengan lebar jalan rel yaitu pada lebar 1067 mm dan 1435 mm, Jalan rel dibagi menjadi beberapa kelas. Untuk kelas jalan rel dengan lebar rel 1067 dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan untuk kelas jalan rel pada lebar rel 1435 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1 kelas jalan rel pada lebar 1067mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan		Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat		
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2.5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

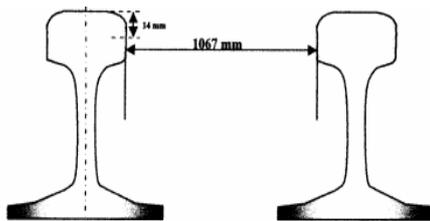
Tabel 2 kelas jalan rel pada lebar 1435mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan		Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat		
I	$> 20.10^6$	160	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	140	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	120	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$< 5.10^6$	100	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40

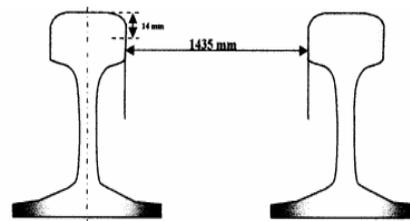
Sistem perkeretaapian terdiri dari bangunan atas dan bawah. Bangunan atas harus memenuhi persyaratan geometri, ruang bebas, beban gandar, dan frekuensi. Bangunan bawah harus memenuhi persyaratan stabilitas dan daya dukung tanah.

Persyaratan geometri yaitu:

- a. **Lebar jalan rel:** jarak antar kepala rel dihitung dari permukaan atas kebawah 0-14 mm yaitu lebar 1067 mm dan 1435 mm. Toleransi pada lebar jalan rel 1067 mm yang baru/ belum beroperasi adalah +2 mm dan -0, sedangkan untuk jalan rel yang sudah beroperasi adalah +4 mm dan -2 mm; Toleransi untuk lebar jalan rel 1435 mm baik yang sudah maupun belum beroperasi yaitu sebesar -3 mm dan +3 mm. Gambar penampang untuk lebar jalan rel 1067 mm dapat dilihat pada gambar 1, dan untuk lebar rel 1435 mm dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1 Penampang lebar rel 1067 mm



Gambar 2 Penampang lebar rel 1435 mm

- b. **Kelandaian:** harus memenuhi persyaratan landai penentu (kelandaian/pendakian yang terbesar pada lintasan lurus). Kelandaian maksimum yg diijinkan pada emplasemen

sebesar 1,5%; Kelandaian/pendakian lurus dalam kondisi tertentu boleh melebihi landai penentu, missal pada lengkung/terowongan. Persyaratan landai penentu dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Persyaratan Landai Penentu

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

c. Lengkung Vertikal dan Horisontal

1. Lengkung Vertikal

a) Lengkung vertikal yaitu proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertical. Sesar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana (Tabel 4).

Tabel 4 Kecepatan rencana dan jari-jari minimum lengkung vertikal

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

b) Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kelandaian
 c) Dua lengkung vertikal berdekatan harus memiliki transisi lurus minimal 20 m.

2. Lengkung Horisontal

a) Dua bagian lurus yang saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung berbentuk lingkaran, dengan/tanpa lengkung-lengkung peralihan. Besar jari-jari minimum yang diijinkan dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Kecepatan rencana dan jari-jari minimum lengkung yang diijinkan

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

b) Lengkung peralihan merupakan lengkung dengan jari-jari berubah beraturan yang digunakan sebagai peralihan antara bagian lurus dan bagian lingkaran serta sebagai peralihan antara 2 jari-jari lingkaran yang berbeda (jari lengkung yang relatif kecil)
 c) Panjang minimum dari lengkung peralihan dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Panjang minimum dari lengkung peralihan

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

d) Lengkung S terjadi apabila 2 lengkung dari lintas yang berbeda arah terletak bersambungan dengan transisi lurus minimal 20 m di luar lengkung peralihan.
 e) Jari-jari lengkung sebelum dan setelah wesel pada jalur utama harus lebih besar dari nilai yang ditetapkan berdasar kecepatan rencana wesel.

d. Pelebaran Jalan Rel

1. Dilakukan agar roda sarana dapat melewati lengkung tanpa hambatan.
2. Dicapai dengan menggeser rel dalam ke arah dalam.
3. Dicapai dan dihilangkan berangsur sepanjang lengkung peralihan.
4. Perlebaran jalan rel 1067 mm dari jari-jari tikungan dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 perlebaran jalan rel 1067 mm untuk berbagai jari-jari tikungan

Jari – Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
R > 600	0
550 < R ≤ 600	5
400 < R ≤ 550	10
350 < R ≤ 400	15
100 < R ≤ 350	20

5. Perlebaran jalan rel 1435 mm dari jari-jari tikungan dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 perlebaran jalan rel 1435 mm untuk berbagai jari-jari tikungan

Jari – Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
R > 400	0
350 < R ≤ 400	5
300 < R ≤ 350	10
250 < R ≤ 300	15
R ≤ 250	20

6. Pemasangan pelebaran jalan rel:
 - a) Jika terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sepanjang lengkung peralihan.
 - b) Jika tidak terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sedapatnya dengan panjang pengurangan yang sama. Apabila tanpa peninggian rel, pengurangan dilakukan menurut panjang standar 5 m / lebih, diukur dari ujung lengkung. Untuk lengkung wesel, pengurangan ditentukan secara terpisah tergantung kondisi.

e. Peninggian Rel

1. Pada lengkung, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari rel dalam karena mengimbangi gaya sentrifugal pada rangkaian kereta.
2. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel luar lebih tinggi dari rel dalam yang berada pada tinggi semestinya.
3. Besar peninggian untuk lebar jalan rel 1067 mm dan 1435mm dari berbagai kecepatan dapat dilihat pada tabel 9 dan 10.

Tabel 9 Besar peninggian (lebar 1067mm)

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

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/hr)					
	120	110	100	90	80	70
100						
150						
200						110
250						90
300					100	75
350					110	85
400					100	75
450					110	85
500					100	80
550					110	90
600					100	85
650					95	75
700					85	70
750					100	80
800					90	75
850					105	85
900					80	70
950					95	80
1000					70	60
1100					80	70
1200					75	60
1300					60	50
1400					65	55
1500					50	40
1600					55	45
1700					55	45
1800					50	40
1900					50	40
2000					45	30
2500					35	20
3000					30	20
3500					25	20
4000					25	20

Tabel 10 Besar Peninggian (lebar 1435 mm)

$$h_{normal} = 8,1 \times \frac{(V_{rencana})^2}{jari - jari}$$

Jari-Jari (m)	Peninggian (mm) Pada Setiap Kecepatan Rencana (km/jam)									
	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70
100										
150										
200										150
250										120
300										135
350										115
400										100
450										120
500										105
550										120
600										110
650										105
700										125
750										110
800										125
850										110
900										130
950										115
1000										145
1100										125
1200										140
1300										120
1400										135
1500										115
1600										130
1700										110
1800										125
1900										110
2000										125
2500										145
3000										125
3500										140
4000										120

4. Peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm yaitu 110 mm, sedangkan untuk lebar jalan rel 1435 mm sebesar 150 mm.

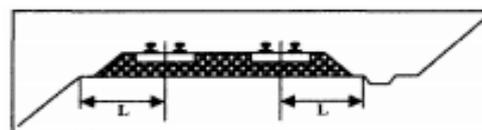
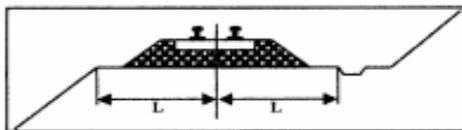
Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

Terdiri dari Badan jalan; Proteksi lereng; dan Drainase. Lebar badan jalan adalah jarak dari sumbu jalan rel ke tepi terluar dari badan jalan yang diambil lebih besar dari nilai yang ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11 Lebar Badan jalan untuk pekerjaan tanah

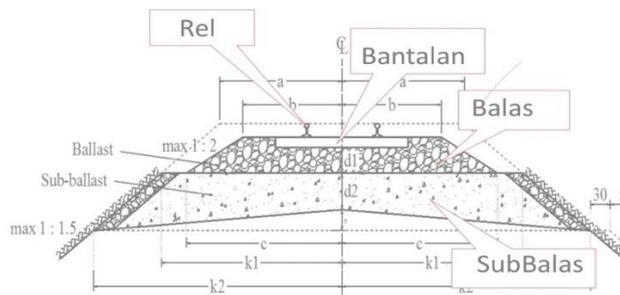
Kecepatan Maksimum Desain	L	
	Rel 1067 mm (cm)	Rel 1435 mm (cm)
120 km/jam dan 110 km/jam jalur	315 (300)	426 (396)
100 km/jam jalur	295 (285)	396 (366)
90 km/jam jalur	285 (275)	366 (336)
80 km/jam jalur	250 (240)	335 (305)

Catatan : Tanda dalam kurung berarti jarak yang akan digunakan dalam kasus-kasus seperti kondisi topografi yang tidak dapat dielakkan.
 - L = 1/2 lebar badan jalan rel, mengacu pada gambar berikut :



Komponen Jalur Kereta Api

Pembangunan Jalur rel kereta api berbeda dengan jalan pada umumnya. Jika Struktur jalan raya menggunakan Material pokok berupa aspal, maka Jalur kereta api menggunakan Rel Sebagai komponen Utama (Ilmu proyek.com, 2019 [8]).Persyaratan komponen jalan rel yaitu jalan rel yang terdiri dari komponen: badan jalan; subbalas; balas; bantalan; alat penambat; rel; dan wesel (gambar 3).



Gambar 3. Penampang Komponen Jalan rel kereta api

a. Badan jalan

Badan jalan merupakan seluruh bagian dari sruktur atas sampai bawah yang terdapat pada jalan rel, dari ujung jalan rel sebelum drainase terbuka (gambar 4).



Gambar 4. Penampang badan jalan

Persyaratan Badan Jalan yaitu:

1. Tidak memiliki nilai kelandaian > 25 permil (memerlukan timbunan/galian tanah).

2. Lapisan timbunan tanah harus memiliki tingkat kepadatan sesuai tinggi timbunan yang menyesuaikan elevasi rencana top rail.
3. Perbandingan kemiringan timbunan tanah yaitu 1:1,5 atau 1:2 tergantung desain. Setiap tinggi 5 m diberi bordes datar selebar 1-2 m.

Badan jalan berupa timbunan dan galian. Daerah tumbunan terdiri dari tanah dasar, tanah timbunan, dan lapis dasar. Daerah galian terdiri dari tanah dasar dan lapis dasar.

Persyaratan tanah dasar yaitu:

1. Mampu memikul lapis dasar (*subgrade*) dan tidak mengalami penurunan (*settlement*). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai N-SPT ≤ 4 , maka tidak boleh masuk dalam lapisan 3 m dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan 5%.
2. Daya dukung tanah dasar dengan metode tertentu misal ASTM D 1196 (Uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) tidak boleh $< 70 \text{ MN/m}^2$ pada daerah galian. Apabila nilai $K_{30} < 70 \text{ MN/m}^2$, maka tanah pondasi harus diperbaiki.

Persyaratan tanah dasar dari timbunan:

1. Tidak boleh mengandung material bahan organik, gambut, dan tanah mengembang
2. Kepadatan tanah timbunan tidak boleh $< 95\%$ kepadatan kering maksimum dan nilai CBR minimal 6% dalam kondisi terendam (*soaked*)

Persyaratan lapis tanah dasar:

1. Tidak boleh mengandung organik, gambut, dan tanah mengembang
2. Tidak boleh $< 95\%$ kepadatan kering maksimum dan minimum CBR 8% (terendam)
3. Terdiri dari lapisan tanah seragam dan memiliki daya dukung cukup. Kekuatan CBR material ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 03-1744-1989 $>$ dari 8% pada contoh tanah yang dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sesuai pengujian ASTM D 689 atau SNI 03-1742-1989
4. Mampu menopang jalan rel dengan aman, mampu memberikan elastisitas cukup pada rel, mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Bagian terbawah pondasi memiliki jarak minimum 0,75 m di atas muka air tanah tertinggi
5. Terletak pada tanah asli/galian diperlukan lapisan drainase dengan tebal minimal 15 cm
6. Untuk mencegah *mud pumping* (karena perubahan tanah isian/ tanah pondasi maka Ketebalan minimum lapis tanah dasar sebesar 30 cm. Lebar lapis dasar sama dengan lebar badan jalan dengan kemiringan 5% ke arah luar.

b. Subbalas

Merupakan terusan dari lapisan tanah dasar, mengalami konsentrasi tegangan terbesar yang diakibatkan oleh lalu lintas kereta pada jalan rel, maka materialnya harus sangat terpilih.

Fungsi balas dan sub-balas adalah:

1. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
 2. Mengokohkan kedudukan bantalan
 3. Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel
- Lapisan sub-balas/ lapis pondasi bawah (LPB) berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan balas; Harus dapat mengalirkan air dengan baik; Tebal minimum subbalas 150 mm; Berupa material batu pecah dengan komposisi sesuai Jobmix yang terdiri dari kerikil halus, sedang, dan kasar sesuai persyaratan pada tabel 12.

Tabel 12 Persyaratan material sub-balas

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 1/2"	100
3/4"	55 - 100
No. 4	25 - 95
No. 40	5 - 35
No. 200	0 - 10

Sub-balas harus memenuhi persyaratan:

1. Material berupa campuran kerikil (gravel)/kumpulan agregat pecah dan pasir;
2. Material tidak boleh memiliki kandungan organik lebih dari 5%;
3. Harus mengandung minimal 30% agregat pecah;
4. Harus dipadatkan sampai 100% γ_d (ASTM D 698).

c. Balas

Lapisan balas merupakan terusan dari lapisan tanah dasar, terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta. Fungsi utama balas meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan, dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel. Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2. Balas atas dihampar mencapai sama dengan elevasi bantalan. Persyaratan balas yaitu:

1. Terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi, serta mudah dipadatkan;
2. Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
3. Porositas maksimum 3%;
4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000kg/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 (test Los Angeles) tidak boleh > 25%.

d. Bantalan

1. Bantalan merupakan struktur penopang Rel.
2. Bantalan dipasang diatas Balas secara melintang dengan jarak antar bantalan 0,6 m.
3. Mutu beton antara k350-400, tulangan Prategang (Pre-Tension Concrete sleeper).
Bantalan berfungsi meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel, dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Pemilihan jenis bantalan didasarkan pada kelas dan kondisi lapangan serta ketersediaan, bisa dari kayu, baja/besi, atau beton sesuai persyaratan teknis yang berlaku. Persyaratan Bantalan yaitu:

1. Bantalan beton merupakan struktur prategang:
 - a) Untuk lebar 1067 mm: kuat tekan > 500 kg/cm², mutu baja prategang dengan tegangan putus minimum 16.876 kg/cm² (1.655 MPa). Mampu memikul momen minimum +1500 kg m (dudukan rel) dan -930 kg m (tengah bantalan).
 - b) Untuk lebar 1435 mm: kuat tekan > 600 kg/cm², mutu baja prategang dengan tegangan putus minimum 16.876 kg/cm² (1.655 MPa). Mampu memikul momen minimum sesuai desain beban gandar dan kecepatan.
 - c) Dimensi bantalan beton untuk lebar 1067 mm: Panjang 2.000 mm; Lebar maksimum 260 mm; Tinggi maksimum 220 mm. Untuk lebar 1435 mm: Panjang 2.440 mm (beban gandar sampai 22,5ton) dan 2.740 (beban gandar lebar maksimum: 330 mm; Tinggi di bawah dudukan rel: 220 mm)
2. Bantalan kayu harus memenuhi persyaratan mutu A kelas 1 dengan modulus elastisitas (E) minimum 125.000 kg/cm². Harus mampu menahan momen maksimum 800 kg-m, lentur absolute tidak boleh <46 kg/cm². Berat jenis kayu minimum 0,9, kadar air maksimum 15%, tanpa mata kayu, retak tidak boleh sepanjang 230 mm dari ujung kayu.
3. Bantalan besi harus memiliki kandungan Carbon Manganese Steel Grade 900 A, pada tengah bantalan / bawah rel, mampu menahan momen maksimum 650 kg m, tegangan tarik 88 – 103 kg m. Elongation A1 > 10%.

e. Alat penambat

Jenis Alat penambat yang digunakan adalah jenis elastis dengan sistem elastis tunggal dan ganda. Pada bantalan beton terdiri dari *shoulder/insert, clip*, insulator dan *rail pad*. Pada

bantalan kayu dan baja terdiri dari pelat landas (*baseplate*), clip, tirpon (*screw spike*)/baut dan cincin per (*lock washer*). Persyaratan alat penambat:

1. Mampu menjaga kedudukan rel agar tetap dan kokoh di atas bantalan.
2. Clip harus mempunyai gaya jepit 900–1100kgf.
3. Pelat landas harus mampu memikul beban yang ada sesuai jenis rel yang digunakan, terbuat dari baja dengan komposisi kimia: Carbon: 0.15 – 0.30%; Silicon: 0.35% max; Mangan: 0.40 – 0.80%; Fosfor: 0.050% max; Sulfur: 0.05%
4. Alas rel (*rail pad*) terbuat dari bahan *High Density Poly Ethylene* (HDPE) dan karet (*Rubber*) atau *Poly Urethane* (PU).
5. Alat penambat harus memiliki identitas produk tercetak permanen yaitu Merek dagang; Identitas pabrik pembuat; Nomor komponen; dan Dua angka terakhir tahun produksi.

f. Pelat Sambung, Mur, Baut

Sambungan rel terdiri dari 2 pelat sambung kiri dan kanan; 6 baut dengan mur, ring/cincin pegas dari baja, dipasang 4 baut untuk menjaga pemanasan rel akibat cuaca. Tanda pada pelat sambung yaitu identitas pabrik pembuat; 2 angka terakhir tahun produksi; stempel dari pabrik yang melakukan proses perlakuan panas.

Pelat sambung harus mempunyai komposisi kimia sebagai berikut:

Tabel 13. Komposisi Kimia Yang Dibutuhkan

JENIS Pelat sambung	KOMPOSISI KIMIA, %				
	C	Si	Mn	P	S
R - 42	0.4 - 0.55	0.40 max	0.55 - 1.00	0.040 max	0.045 max
R - 50	0.4 - 0.55	0.40 max	0.55 - 1.00	0.040 max	0.045 max
R - 54	0.4 - 0.55	0.40 max	0.55 - 1.00	0.040 max	0.045 max
R - 60	0.4 - 0.55	0.40 max	0.55 - 1.00	0.040 max	0.045 max

Sifat mekanis yang dibutuhkan pelat sambung sesudah perlakuan panas yaitu:

Tabel 14. Sifat Mekanis Yang Dibutuhkan

JENIS Pelat sambung	Kuat tarik, <i>kg/mm²</i> (<i>tensile strength</i>)	Pertambahan panjang (<i>elongation</i>) %	Kekerasan <i>Brinell</i> HBN
R - 42	85	12	262 - 331
R - 50	85	12	262 - 331
R - 54	85	12	262 - 331
R - 60	85	12	262 - 331

Komposisi kimia pada pelat sambung:

Tabel 15. Komposisi Kimia Pelat Sambung

Nama Barang	JIS / UIC	Komposisi Kimia, %					
		C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr
Baut	SC 440 JIS 4104	0.38 - 0.43	0.15-0.30	0.60 - 0.80	0.030	0.030	0.9 - 1.2
Mur	S40C-S53C JIS-G4501	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60 - 0.90	0.030	0.035	-
Ring Pegas	SWRH 62 A - 82 B JIS G-3506	0.59-0.86	0.15-0.35	0.30-0.90	0.040	0.040	-
Cincin Pegas	SWRH 62 A - 82 B JIS G-3506	0.59-0.86	0.15-0.35	0.30-0.90	0.040	0.040	-

Sifat-sifat mekanis pelat sambung yaitu:

Tabel 15. Sifat Mekanis Pelat Sambung

Nama Barang	Material sesuai : JIS / UIC	Sifat mekanis		
		σ kg/mm ² <i>tensile strength</i>	δ , % <i>elongation</i>	HB / HRc Kekerasan
Baut	SC 440 JIS 4104	110	10 <i>minimal</i>	262 - 341 HB / (32 - 46 HRc)
Mur	S40C-S53C JIS-G4501	110	10 <i>minimal</i>	(27 - 37 HRc)
Ring Pegas Cincin Pegas	SWRH 62 A - 82 B JIS G-3506	Beban 1500 kg tak berubah		(40 - 46 HRc)

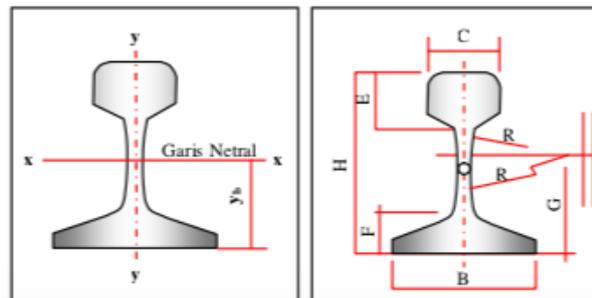
g. Rel

Rel merupakan komponen utama yang kontak langsung dengan kereta, dengan material baja, menopang langsung di atas bantalan, diikat dengan penambat, memiliki persyaratan:

1. Minimum perpanjangan (elongation) 10%;
2. Kekuatan tarik (tensile strength) minimum 1175 N/mm²;
3. Kekerasan kepala rel tidak boleh kurang dari 320 BHN.
4. Penampang Rel harus memenuhi ketentuan dimensi rel yaitu:

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R 42	R 50	R 54	R 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	74,79	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



Gambar 5. Ketentuan Dimensi Rel

h. Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Wesel terdiri dari komponen: Lidah; Jarum beserta sayap; Rel lantak; Rel paksa; dan Sistem penggerak.



Gambar 6. Komponen Wesel

Persyaratan wesel:

1. Kandungan mangan (Mn) pada jarum mono blok berada dalam rentang (11-14) %.
2. Kekerasan lidah dan bagian lainnya sekurang-kurangnya sama dengan kekerasan rel.
3. Celah antara lidah dan rel lantak harus kurang dari 3 mm.
4. Celah antara lidah wesel dan rel lantak pada posisi terbuka tidak boleh < 125 mm.
5. Celah (gap) antara rel lantak dan rel paksa pada ujung jarum 34mm.
6. Jarak antara jarum dan rel paksa (check rail) untuk lebar jalan rel 1067 mm:

- a) Untuk Wesel rel R 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 harus memenuhi peraturan radius lengkung. Desain wesel harus disesuaikan dengan sistem penguncian wesel.



Gambar 7. Dokumentasi Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat mengenai Pengenalan Komponen Prasarana Perkeretaapian adalah Seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta memahami seluruh bagian dari komponen prasarana perkeretaapian (dilihat berdasarkan hasil *mini project* setelah kegiatan dilaksanakan). Kegiatan sosialisasi terlaksana dengan lancar dan berdampak bagi kemajuan ilmu pengetahuan mengenai komponen prasarana perkeretaapian. Langkah berikutnya dalam melaksanakan sosialisasi akan dilanjutkan dengan materi mengenai bangunan stasiun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Joetata, *Sistem Transportasi*. Edisi 1. Jakarta: Universitas Guru Darma, 1997
- [2] "Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api", Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM Nomor 60 Tahun 2012, 23 November 2013
- [3] Kompasiana, "Bekerja harus sesuai dengan Jurusan Kuliah yang diambil", 2024. <https://www.kompasiana.com/andyafahma2415/659d36b7de948f298f41f912/bekerja-harus-sesuai-dengan-jurusan-kuliah-yang-diambil>
- [4] BEPH FKKMK UGM, "Pengabdian", <https://beph.fkkmk.ugm.ac.id/pengabdian/>
- [5] A. Maulana, "Penerapan Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD (Student Team Achievement Division) untuk Meningkatkan Kemampuan Membaca Pemahaman di Sekolah Dasar", *Jurnal Pesona Dasar*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [6] Tofan, "Menyusun Program Pelatihan Bagi Karyawan", *OPTIMAL: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, pp. 25-35, 2021.
- [7] Taliziduhu, *Konsep Administrasi dan Administrasi di Indonesia 2022*, Edisi 1. Jakarta: Bina Aksara, 1989
- [8] ilmuproyek.com, "Struktur Perkerasan Jalan Rel Kereta Api", 2019. <http://www.ilmuproyek.com/2019/07/struktur-perkerasan-jalan-rel-kereta-api.html>