 ISSN : 2085-8744

JURNAL KONSTRUKSI

Analisis Kerusakan Jalan Rel Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung Berdasarkan Hasil Kereta Ukur

Yusup Kristian* , Tira Roesdiana., ST., M.Eng**

***)** Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

**) Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

ABSTRAK

Kondisi geometrik jalan rel yang baik sangat diperlukan untuk keamanan dan kenyamanan perjalanan kereta api. Beban lintas atau akibat peristiwa alam akan mengakibatkan perubahan bentuk/geometri jalan KA. Penyimpangan yang terjadi diijinkan sepanjang tidak melampaui batas / toleransi yang diperlukan untuk keamanan perjalanan KA. Salah satu alat untuk mengontrol kondisi geometrik jalan KA adalah KA ukur. Dari hasil KA ukur dilakukan analisis terhadap kerusakan – kerusakan jalan rel untuk mengetahui kondisi dan penyebab kerusakan sehingga diharapkan dapat merencanakan perbaikan yang akan dilakukan agar kondisi jalan rel dapat aman dan nyaman dilalui KA. Hasil pengukuran berkala akan menunjukkan laju pertumbuhan kerusakan jalan rel terhadap kenaikan beban lintas. Kondisi geometrik jalan rel yang baik hanya akan dicapai bila dilakukan perawatan / pemeliharaan jalan rel secara berkala.

Kata kunci : Analisis Kerusakan Jalan Rel

ABSTRACT

Rail road geometric conditions are good is indispensable for the safety and comfort of rail travel. Traffic road or due to natural events will lead to changes in the shape or geometry of the rail road. Deviation are permitted provided they do not exceed the limits or tolerances necessary for the security of rail travel. One tool to control the geometric shape is rail gauge railway. From the result of gauge train carried out an analysis of the damage to the rail road to determine the condition and the cause of damage wich is expected to plan improvements that will be done so that the rail road condition cam be safety and comfortably traversed train. Periodic measurement result will show growth of rail road damage to the increase in traffic load. The geometric condition are good rail road will only be achieved if carried out maintenance or regular track maintenance.

Keywords : *Analysis of the damage to the railway.*

I PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH PENELITIAN

Transportasi memiliki peranan yang sangat penting dalam jaringan pelayanan mobilitas penumpang yang berkembang secara dinamis. Hal ini disebabkan semakin tingginya kebutuhan pergerakan manusia maupun barang, sehingga meningkat pula kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi, kondisi tersebut dapat dilihat dengan semakin kompleksnya masalah transportasi yang harus dihadapi.

Angkutan kereta api merupakan transportasi massal di Indonesia yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain mengangkut penumpang dengan jumlah besar, hemat lahan dan rendah polusi, serta tingkat keselamatan yang tinggi. Dalam sistem transportasi kereta api peranan dari prasarana memegang kedudukan yang sangat penting karena prasarana kereta api merupakan salah satu faktor utama dalam pengoperasian kereta api, oleh karena itu kondisi dari prasarana tersebut harus baik dan terpelihara.

Untuk mewujudkan kondisi prasarana (jalan rel) yang baik dan handal, maka perlu dilakukan perawatan dengan baik dan benar secara rutin agar tetap dapat dilalui kereta api dengan aman, nyaman sesuai dengan kecepatan dan tekanan gandar yang telah ditentukan, sehingga dengan kondisi prasarana yang baik dan handal diharapkan dapat terwujudnya peningkatan keselamatan dan keamanan perkeretaapian.

Solusi yang dapat dilakukan untuk permasalah ini adalah dengan melakukan analisis terhadap hasil kereta ukur EM-120 dengan analisis ini akan lebih efektif dalam perencanaan perawatan jalan rel dan akan mudah untuk mengidentifikasi kerusakan jalan rel.

B. RUMUSAN MASALAH DAN IDENTIFIKASI MASALAH

1. Rumusan Masalah

Dari uraian yang dijelaskan pada pembahasan masalah maka dapat dirumuskan masalah yang akan dievaluasi dalam penelitian ini, yaitu :

a. Bagaimana kerusakan jalan rel di wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn lintas Cirebon – Tegal dari hasil KA ukur EM-120.
b. Bagaimana kelayakan jalan rel di wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn lintas Cirebon – Tegal.
c. Seperti apa tindakan perawatan yang akan dilakukan terhadap kerusakan-kerusakan jalan rel di wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn koridor Cirebon – Tegal dari hasil KA ukur EM-120.

2. Identifikasi Masalah

Menentukan nilai kerusakan pada suatu titik rawan masalah :

1) Wesel
2) Lengkung
3) Jembatan
4) Jalan pintu lintasan (JPL)
5) Sambungan
6) Lurusan

II LANDASAN TEORI

1. Material Jalan Rel

a. Rel

Rel berguna untuk memindahkan tekanan roda – roda kereta api ke atas bantalan – bantalan dan juga sebagai penghantar roda – roda tadi.

Tipe rel sendiri masing-masing kelas jalan tercantum pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Kelas Jalan Berdasarkan 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

Menurut panjangnya rel dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1) Rel standar adalah rel yang panjangnya 25 meter.
2) Rel pendek adalah rel yang panjangnya maksimal 100 meter.
3) Rel panjang adalah rel yang panjang minimumnya tercantum pada table di bawah ini :

Tabel 2.2 Panjang Minimum Untuk Rel Panjang

Jenis bantalan	Tipe rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R. 60
Bantalan kayu Bantalan beton	325 m 200 m	375 m 225 m	400 m 250 m	450 m 275 m

Klasifikasi standar jalan rel :

Tabel 2.3 Klasifikasi Standar Jalan Rel

Klasifikasi Jalan KA	Pasing Ton Tahunan (Juta Ton)	Perencanaan Kecepatan KA Maksimum V_{max} (km/jam)	Tekanan Gandar P max (ton)	Tipe Rel	Tipe dari Bantalan Jarak Bantalan (mm)	Tipe Alat Penambat	Tebal balas dibawah Bantalan (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
1	>20	120	18	R60/R54	Beton / 600	EG	30	50
2	10-20	110	18	R54/R50	Beton/Kayu / 600	EG	30	50
3	5-10	100	18	R54/R50/R42	Beton/Kayu/Baja / 600	EG	30	40
4	2,5-5	90	18	R54/R50/R42	Beton/Kayu/Baja / 600	EG/ET	25	40
4	<2,5	80	18	R42	Kayu/Baja / 600	ET	25	35

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Dari kedudukan terhadap bantalan, sambungan rel dibedakan menjadi dua macam yaitu sambungan melayang dan sambungan menumpu.

Penempatan sambungan di sepur ada dua macam yaitu :

1) Penempatan secara siku, dimana kedua sambungan berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu jalur.
2) Penempatan secara berselang-seling, dimana kedua sambungan rel tidak berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu jalur.

Di sambungan rel harus ada celah untuk menampung timbulnya perubahan panjang rel akibat perubahan suhu.

Tabel 2.4 Besar Celah Untuk Rel Standart Dan Rel Pendek

Suhu Pemasangan (°C)	Panjang Rel (m)			
	25	50	75	100
≤ 20	8	14	16	16
22	7	13	16	16
24	6	12	16	16
26	6	10	15	16
28	5	9	13	16
30	4	8	11	14
32	4	7	9	12
34	3	6	7	9
36	3	4	6	7
38	2	3	4	4
40	2	2	2	2
42	1	1	0	0
44	0	0	0	0
≥ 46	0	0	0	0

Tabel 2.5 Besar Celah Untuk Rel Panjang

Suhu Pemasangan (°C)	Panjang Rel (m)			
	R.42	R.50	R.54	R.60
≤ 22	16	16	16	16
24	14	16	16	16
26	13	14	15	16
28	13	12	13	14
30	10	11	11	12
32	8	9	10	10
34	7	8	8	9
36	6	6	7	7
38	5	5	5	6
40	4	4	4	5
42	3	3	3	4
44	3	3	3	3
≥ 46	2	2	2	2

b. Bantalan

Bantalan adalah landasan tempat rel bertumpu dan diikat dengan penambat rel oleh karena itu harus cukup kuat untuk menahan beban kereta api yang berjalan di atas rel. Bantalan dipasang melintang rel pada jarak

antara bantalan dengan bantalan sepanjang 0.6 meter (60.

Bantalan berfungsi meneruskan beban dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja (besi) ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel.

Bantalan kayu merupakan bantalan yang pertama sekali digunakan dalam dunia kereta api, serta digunakan dijembatan karena kayu lebih elastis dari beton. Kelemahan kayu adalah daya tahan yang tidak terlalu lama terutama di daerah yang hujan dan kelembabannya tinggi.

Fungsi bantalan kayu adalah :

1) Mengikat rel sehingga lebar jalur tetap terjaga
2) Mendistribusikan beban dari rel ke balas
3) Stabilitas ke arah luar jalan rel, dengan mendistribusikan gaya longitudinal dan lateral dari rel ke balas.

Pada jalan yang lurus bantalan kayu mempunyai ukuran :

Panjang	=	P	= 2000 mm
Tinggi	=	T	= 130 mm
Lebar	=	L	= 220 mm

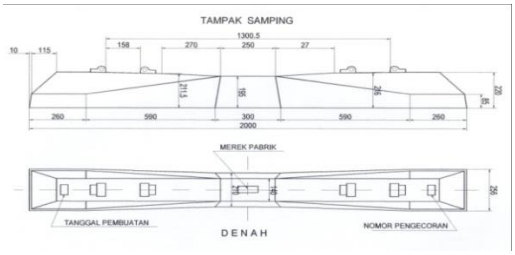
Bantalan beton dibuat dari beton bertulang prategang, pada bantalan beton juga sekaligus ditempatkan angker penambat.

Bantalan beton digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1) Mempunyai kekuatan yang lebih besar, tidak mengalami korosi dan merupakan konduktor listrik yang jelek dan tidak mudah rusak.
2) Konstruksi lebih berat sehingga bantalan beton akan lebih stabil letaknya pada balas sehingga mampu mempertahankan kedudukan track.

Kerugiannya adalah :

1) Penanganannya lebih sulit karena berat, sehingga harus menggunakan alat-alat khusus dan membuatnya membutuhkan ketepatan ukuran yang sangat tinggi sehingga cukup mahal harganya.
2) Agak keras sehingga perlu landas elastis.



Gambar 2.1 Bantalan Beton

Bantalan besi yang digunakan untuk rel R25 dan R33 adalah datar dan memerlukan penggunaan pelat landas. Pelat landas dibatasi pada kiri dan kanan oleh dua sisi penguat bantalan. Lubang pada bantalan memungkinkan untuk tempat kedudukan yang baik bagi pelat.

Dimensi bantalan

Panjang: 2,000 m

Lebar : 0,232 m

Tebal pada bagian di bawah pelat landas 9 mm.

Berat bantalan adalah 47,2 kg.

c. Alat Penambat

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser.

Jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastis dan penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas tirpon, mur, dan baut. Penambat elastis terdiri atas dua jenis, yaitu penambat elastis tunggal dan elastis ganda.

d. Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih. Balas terdiri dari batu pecah yang keras, tahan lama/tahan terhadap cuaca dan bersudut dengan ukuran 2-6 cm. Fungsi utama balas adalah untuk :

1) Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.
2) Mengokohkan kedudukan bantalan.
3) Meloloskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

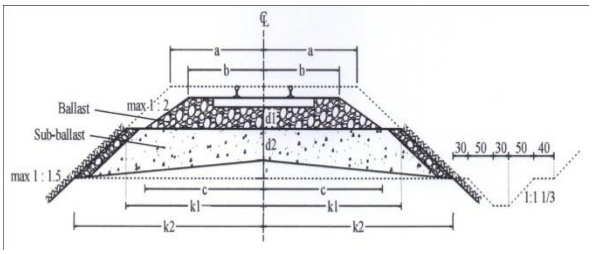
Bagian balas :

1) Lapisan balas atas

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras bersudut tajam "*angular*" dengan ukuran antara 2-6 cm. lapisan ini harus dapat mengalirkan air dengan baik. Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2, tebal lapisan balas adalah seperti yang tercantum pada klasifikasi jalan rel Indonesia. Bahan balas atas dihampar mencapai elevasi yang sama dengan elevasi bantalan.

2) Lapisan balas bawah

Lapisan balas bawah terdiri dari kerikil halus atau pasir kasar. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan penyaring antara dasar tanah dan lapisan balas atas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.



Gambar 2.2 Penampang Melintang Jalan Rel

Tabel 2.6 Besaran Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan Rel	V_{max} (km/jam)	d_1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k_1 (cm)	d_2 (cm)	e (cm)	k_2 (cm)	a (cm)
1st	120	30	150	235	265-315	15-50	25	375	185-237
2nd	110	30	150	254	265-315	15-50	25	375	185-237
3rd	100	30	140	244	240-270	15-50	22	325	170-200
4th	90	25	140	234	240-250	15-35	20	300	170-190
4th s	80	25	135	211	240-250	15-35	20	300	170-190

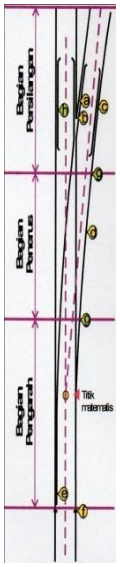
e. Tubuh Baan

Adalah lapisan tanah asli baik sudah mengalami perbaikan ataupun buatan dan berfungsi memikul beban secara keseluruhan. Tubuh jalan rel harus dihindarkan dari genangan air oleh karena itu selokan harus berfungsi secara baik. Secara umum jalan rel bisa berada di daerah dataran, perbukitan atau pegunungan. Tubuh jalan bisa berada di daerah galian atau timbunan.

f. Wesel

Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu jalur ke jalur yang lain.

Titik – titik yang perlu diperhatikan :



Gambar 2.3 Wesel

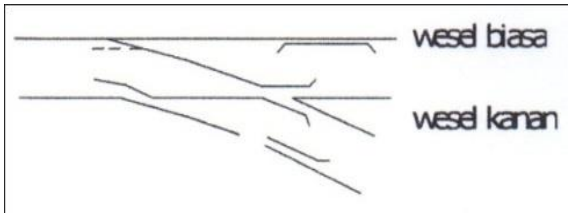
a. Lebar alur dan kedalaman vangrel
b. Point of protection : jarak antara jarum dengan rel paksa dan kondisi material jarum
c. Lebar alur rel paksa
d. Lebar jalur lurus dan belok pada bagian penerus
e. Lebar bukaan lidah, lebar jalur pada ujung lidah, lidah menggantung atau tidak dan kondisi material lidah
f. Siku sambungan rel dengan wesel
g. Kelengkapan baut sambungan
h. Kelengkapan baut sepatu rel paksa

Wesel yang banyak digunakan pada perkeretaapian di Indonesia ada 3 (tiga) tipe yaitu :

1) Wesel Biasa

Wesel biasa yang terdiri dari wesel biasa kiri dan wesel biasa kanan.

Wesel lengkung yang terdiri dari wesel searah lengkung, wesel berlawanan arah lengkung, wesel simetris.



Gambar 2.4 Wesel Biasa

2) Wesel Inggris

Wesel inggris adalah wesel yang dilengkapi dengan gerakan-gerakan lidah serta jalur-jalur bengkok.

Gambar 2.5 Wesel Inggris

3) Wesel Tiga Jalan

Wesel biasa yang terdiri dari wesel biasa searah dan wesel biasa berlawanan arah.

Gambar 2.6 Wesel Tiga Jalan

Wesel terdiri dari tiga bagian :

1) Bagian Depan (pengarah) terdiri dari beberapa komponen penting yaitu:
   a) Rel lantak lurus, lengkap dengan sistem penambatnya
   b) Rel lantak belok, lengkap dengan sistem penambatnya
   c) Lidah lurus
   d) Lidah belok
   e) Kopel pengikat lidah
   f) Sistem penggerak
2) Bagian Tengah (penerus) terdiri dari beberapa komponen penting yaitu:
   a) Sepasang jalur lurus
   b) Sepasang jalur belok
3) Bagaian Belakang (persilangan) terdiri dari beberapa komponen penting yaitu :
   a) Sepasang rel paksa/guard rail
   b) Satu set jarum wesel

Wesel terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut :

1) Lidah

Lidah adalah bagian dari wesel yang dapat bergerak, pangkal lidah disebut akar. Jenis lidah ada dua yaitu lidah berputar dan lidah berpegas. Lidah berputar adalah lidah yang mempunyai engsel di akarnya. Lidah berpegas adalah lidah yang akarnya dijepit sehingga dapat melentur.

2) Jarum dan sayap-sayapnya

Jarum adalah bagian wesel yang memberi kemungkinan pada flens roda melalui perpotongan bidang-bidang jalan yang terputus antara dua rel. sudut kelancipan jarum (α) disebut sudut samping arah.

3) Rel lantak

Rel lantak adalah suatu rel yang diperkuat badannya yang berguna untuk bersandarnya lidah-lidah wesel.

4) Rel paksa

Rel paksa dibuat dari rel biasa yang kedua ujungnya dibengkok kedalam. Rel paksa luar biasanya dibaut pada rel lantak dengan menempatkan blok pemisah diantaranya. Untuk wesel dengan kecepatan tinggi. Rel paksa ditambat pada bantalan dengan menggunakan alat penambat.

5) Sistem penggerak

Sistem penggerak atau pembalik wesel adalah mekanisme untuk menggerakkan ujung lidah.

g. Lengkung

Jalan rel terdiri dari satu kesatuan Konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi yang lain yang terletak diatas, dibawah, dipermukaan tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya KA.

Jalan rel selain di jalan lurus juga di jalan tikungan yang disebut Lengkung. Lengkung pada jalan rel terdiri dari :

1) Lengkung Horisontal

Lengkung horisontal adalah perubahan arah jalan KA secara beraturan dari arah lurusan menuju arah belok / tikungan. Lengkung horisontal menurut arahnya ada tiga yaitu :

a) Lengkung kanan
b) Lengkung kiri
c) Lengkung S

Lengkung horisontal terdiri dari :

a) Lengkung peralihan adalah lengkung yang mempunyai perubahan peninggian rel luar, pelebaran maupun anak panah yang bervariasi secara beraturan dari MBA ke ABA dan dari ABA ke MBA.
b) Lengkung penuh adalah lengkung yang mempunyai pertinggian, anak panah, dan pelebaran yang sama dan merata sesuai dengan perhitungan untuk lengkung penuh yaitu dari ABA ke ABA.

Pada lengkung horisontal ada gaya yang ditimbulkan yaitu yang disebut gaya *centrifugal* atau gaya keluar. Akibat yang ditimbulkan oleh gaya *centrifugal* :

a) Rel luar akan cepat aus, akibat gesekan antara flen roda dengan rel luar.
b) Bahaya guling dan anjlogan bertambah.
c) Jalannya KA kurang tenaga karena beralihnya jurusan dari lurusan ke lengkung.

Untuk menanggulangi hal – hal tersebut diadakan:

a) Pertinggian pada rel luar.
b) Pelebaran jalur pada rel dalam bagi lengkung dengan R<500.
c) Lengkung peralihan.

Fungsi pertinggian :

a) Untuk menanggulangi adanya bahaya guling / anjlogan.
b) Agar kecepatan KA bisa tetap / kontinyu.
c) Untuk menyeimbangkan gaya *centrifugal*.

Fungsi pelebaran :

a) Agar rel luar tidak cepat aus.
b) Agar roda bisa mengambil posisi dengan baik.

Fungsi lengkung peralihan :

Untuk mengadakan peralihan yang halus dan beraturan jalannya KA, dari jalur lurus ke lengkung.

2) Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah perubahan arah jalan KA secara beraturan dari jalan datar ke jalan turunan atau sebaliknya.

Rumus Lengkung :

Anak panah : $F = \frac{C^2}{2R} = \frac{CxC}{2R}$

R = $\frac{50000}{AP}$

T = 5,95 x $\frac{V^2}{R}$

PLA = 0,01 x V x T

Dimana :

C	=	½ tali busur	(m)
R	=	Radius	(m)
T	=	Pertinggian	(mm)
PLA	=	Panjang Lengkung Alih	(m)

h. Perlintasan

Antara jalan rel dan jalan raya harus tersedia jarak pandang yang cukup bagi KA dan kendaraan umum. Daerah pandang harus bebas dari bangunan maupun tanaman dengan tinggi > 1 meter. Sudut perpotongan diusahakan 90° dan tidak boleh kurang dari 30°.

2. Jenis Kerusakan

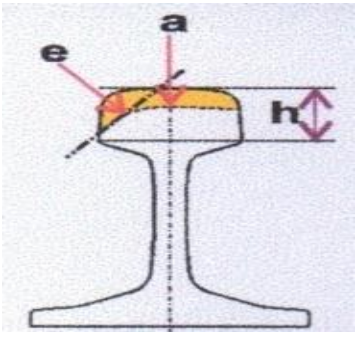
a) Jenis-jenis kerusakan pada rel

1) Rel aus

Tabel 2.7 Batas Keausan Rel

Keausan Maksimum yang diizinkan:

Jenis Rel	e_{max}(mm)	a_{max}(mm)
R42	13	10
R50	15	12
R54	15	12
R60	15	12



Gambar 2.7 Keausan Rel

2) *Defect* pada sambungan : diakibatkan karena celah terlalu lebar sehingga hantaman roda membuat cacat pada bagian ujung rel.
3) *Dorslag* / Selip : aus berupa titik pada kepala rel karena selipnya roda kereta.

4) *Defect* pada sambungan las : diakibatkan sambungan las yang tidak siku, sehingga menjadi cacat akibat hantaman bandasi roda.
5) Rel patah pada las : bisa terjadi pada sambungan las dimana pada posisi tersebut terdapat lubang baut sambung atau bekas pemotongan rel dengan blander.

b) Jenis-jenis kerusakan pada bantalan

1) Kerusakan pada bantalan kayu
   Kerusakan kategori I (X) : bantalan tidak dapat menahan gaya arah longitudinal (L) yaitu pergerakan rel tegak lurus bantalan. Contohnya , lubang baut/tirepon longgar.
   Kerusakan kategori II (XX): bantalan tidak dapat menahan gaya arah transversal (T) dan gaya arah longitudinal (L).
   Contohnya, bantalan lapuk disekitar lubang tirepon.
   Kerusakan kategori III (XXX): bantalan tidak dapat menahan gaya arah transversal (T), gaya arah longitudinal (L), dan gaya arah vertikal (V).
   Contoh bantalan lapuk keseluruhan, pecah memanjang arah bantalan, dan bantalan putus.
2) Kerusakan pada bantalan baja
   Kerusakan bantalan baja pada umumnya karena bentuk bantalan yang sudah berubah (karena retak atau bengkok), sehingga mempengaruhi lebar sepurnya.
3) Kerusakan pada bantalan beton
   Kerusakan kategori I (X) : bantalan tidak dapat menahan gaya arah longitudinal (L) yaitu pergerakan rel tegak lurus bantalan. Contoh, penambat tidak dapat mencengkeram rel.
   Kerusakan kategori II (XX) : bantalan tidak dapat menahan gaya arah transversal (T), dan gaya arah longitudinal (L). Contoh, *shoulder* rusak sehingga penambat tidak dapat terpasang dengan sempurna.
   Kerusakan kategori III (XXX) : bantalan tidak dapat menahan gaya arah transversal (T), gaya arah longitudinal (L), dan gaya arah vertikal (V). Contoh, bantalan pecah dan bantalan di bawah rel hancur.

c) Jenis-jenis kerusakan pada penambat

1) ketidaklengkapan alat penambat dapat berpengaruh terhadap lebar sepur.
2) kerusakan gaya jepit yang di akibatkan pemasangan penambat dengan cara dipukul dengan palu.

d) Jenis-jenis kerusakan pada wesel

Ada 3 jenis kerusakan pada jarum wesel yang dapat dijadikan acuan dalam penentuan prioritas perbaikan yaitu :

1) Kerusakan Ringan
   Kerusakan ringan terjadi pada daerah di sekitar 20 cm dari depan dan belakang ujung jarum dan vang rel terjadi keausan ± 5 mm
2) Kerusakan Sedang
   Kerusakan sedang terjadi pada daerah di sekitar 20 cm dari depan dan belakang ujung jarum dan vang rel terjadi keausan ± 10 mm dan pangkal wesel dibelakang jarum sepanjang 25 mm aus ± 10 mm.
3) Kerusakan Berat
   Kerusakan berat terjadi pada daerah di sekitar 20 cm dari depan dan belakang ujung jarum dan vang rel terjadi keausan ± 45 mm, pangkal wesel di belakang jarum sepanjang 50 mm aus ± 70 mm dan panjang retakan pada jarum 50.

Jenis kerusakan geometri pada wesel :

1) Pertinggian ≠ 0 : penyebabnya adalah balas tidak padat sehingga rel ambles dan tidak merata.
2) Lebar jalur : penyebabnya adalah lubang penambat pada bantalan longgar, bantalan lapuk, penambat kendor atau rel aus sehingga terjadi keausan pada material wesel seperti jarum, rel dan lidah paksa.
3) Lidah gantung : penyebabnya adalah balas tidak padat atau bantalan lapuk sehingga lidah wesel tidak dapat menutup rapat dan rawan terlanggar oleh roda KA.

Jenis kerusakan material pada wesel :

1) Keausan material rel : penyebabnya adalah adanya pertinggian ≠ 0 atau adanya pelebaran jalur
2) Keausan material lidah : penyebabnya adalah lebar jalur tidak normal, sehingga lidah tidah tertutup dengan sempurna dan mengkibatkan goyangan pada KA.
3) Keausan pada material jarum : penyebabnya adalah lebar sepur tidak normal atau rel luar dengan rel paksa terlalu lebar sehingga menyebabkan tidak terarahnya roda KA dan memungkinkan terjadinya anjlog.
4) Bantalan lapuk : penyebabnya adalah usia bantalan, mengakibatkan terjadinya pelebaran sepur dan genjotan.
5) Keausan material rel paksa : penyebanya adalah jarak antara rel paksa dan rel luar kurang normal sehingga jarum wesel menjadi aus.
6) Kecrotan : penyebabnya adalah balas tipis,adanya campuran tanah pada balas, drainase tidak baik, sehingga efeknya terjadi genjotan.

e) Kerusakan konstruksi bawah jalan rel

Ada beberapa bentuk kerusakan konstruksi bawah jalan rel, antara lain :

1) Kecrotan
   Disebabkan beberapa hal yaitu : drainase tidak baik
2) Balas mati
   Disebabkan tubuh ban tipis dan tumpahan pelumas dari KA
3) Tubuh baan kurus
   Disebabkan posisi urugan terlalu curam dan tidak terdapat penahan balas

f) Kerusakan geometri jalan rel

Kerusakan geometri bukan kerusakan fisik material jalan rel, akan tetapi kerusakan geometri salah satunya disebabkan karena adanya kerusakan material, berlaku juga kebalikannya, kerusakan geometri yang dibiarkan bisa berakibat pada rusaknya material jalan rel.

g) Kerusakan Lebar jalur

Bentuk kerusakannya lebar jalur melebar atau menyempit. Penyebabnya rel aus, lubang bantalan kayu longgar, isolator hilang, bantalan pecah. Toleransi lebar jalur + 5 mm, - 2 mm.

h) Kerusakan Alinemen

Bentuk kerusakannya goyangan dan genjotan. Penyebab balas tidak padat, balas tipis, rel spaten, tubuh baan bergerak.

i) Kerusakan Oprit Perlintasan

Kerusakan angkatan karena landai terlalu curam.

III. HASIL PENELITIAN

1. Data Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung

Tabel 3.1 Data Material Jalan Rel

NO	URAIAN	SATUAN	JUMLAH
1	Rel R.54	km	62.374
2	Pengelasan	titik	2,675
3	Plat Sambung	stel	204
4	Baud Sambung	bh	1,224
5	Bantalan		
	a. Beton	btg	48,929
	b. Kayu	btg	190
	c. Jembatan	btg	1,314
	d. Wesel	btg	1,622
6	Balas	m3	48,567
7	Wesel	unit	22
8	Alat Penambat		
	a. Elastis	bh	195,788
	b. Rigid	bh	11,992

- Wilayah = 179+500 - 194+000
- Kelas Jalan = kelas jalan 1
- Jenis Bantalan = bantalan beton R.54
- Jenis Penambat = pendrol R.54
- Jenis Rel = rel R.54
- Emplasemen = Sta. Tgn dan Sta Los

2. Metode Analisis Data Kerusakan Jalan Rel

Berdasarkan hasil KA Ukur EM 120 di dapat kerusakan jalan rel dengan kategori sedang dan jelek sesuai dengan pengelompokan nilai TQI yang selanjutnya dilakukan program perbaikannya.

Pengelompokan nilai TQI sebagai berikut:

TQI ≤ 35	: V ≥ 80 km/jam	baik
35 < TQI ≤ 50	: 60 ≤ V < 80 km/jam	sedang
TQI > 50	: V < 60 km/jam	jelek

3. Identifikasi Kerusakan

Bermula dari data kerusakan jalan rel berdasarkan pengelompokan nilai TQI hasil KA ukur EM-120 dilakukan penelitian dengan melakukan observasi langsung ke lapangan dan wawancara dengan Kepala Resor UPT Jalan Rel 3.13 Tgn.

3.1 Wesel

Wesel merupakan titik rawan jalan rel karena terdapat titik peralihan roda di jarum wesel dan pemaksaan roda untuk mengarah pada satu jalur. Penelitian kerusakan jalan rel di wesel 2723 B km. 188+7/8 jalur hilir emplasemen stasiun Losari.

Jenis wesel di UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn semua menggunakan jenis wesel cina monoblock dan bantalan beton dengan sudut wesel 1 : 12.

Identifikasi kerusakan jalan rel di wesel dengan melakukan pemeriksaan lebar jalur, *point protection*, jarak lidah terbuka, kondisi jarum wesel, pertinggian, dan nilai skilu di wesel.

Kerusakan :

1. Terdapat skilu yang melebihi toleransi untuk kecepatan 100 km/jam.
2. Terdapat beda pertinggian yang besar sehingga jalan rel miring.

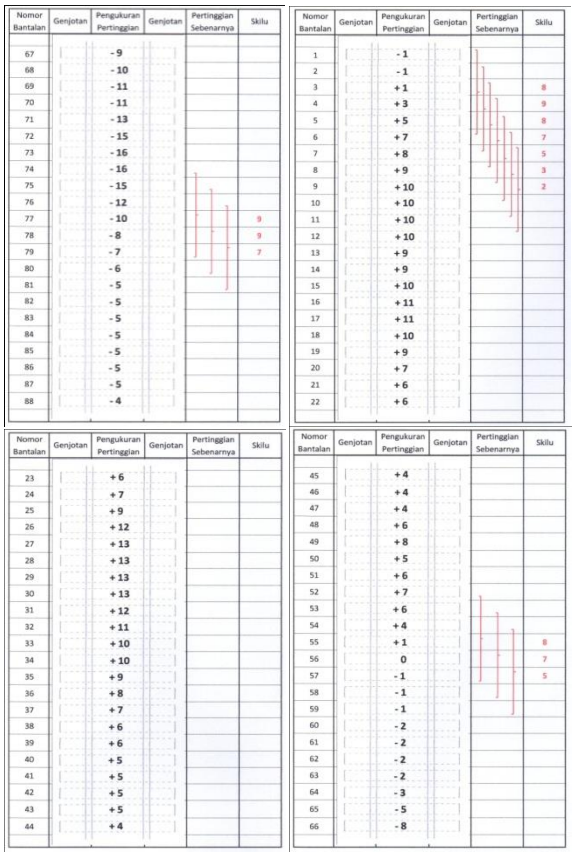
Penyebab :

1. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan tidak kuat sehingga mengakibatkan penurunan elevasi rel yang seharusnya pertinggian di wesel harus nol (0) karena akan berpengaruh juga terhadap pergerakan dari lidah wesel.

Tindakan :

1. Angkat lestreng wesel untuk mencapai kedudukan rel rata dan lurus, sehingga nilai pertinggian di wesel nol (0).

Tabel 3.2 Pemeriksaan Pertinggian Di Wesel



Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
67		-9			
68		-10			
69		-11			
70		-11			
71		-13			
72		-15			
73		-16			
74		-16			
75		-15			
76		-12			
77		-10			9
78		-8			9
79		-7			7
80		-6			
81		-5			
82		-5			
83		-5			
84		-5			
85		-5			
86		-5			
87		-5			
88		-4			

Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
1		-1			
2		-1			
3		+1			8
4		+3			9
5		+5			8
6		+7			7
7		+8			5
8		+9			3
9		+10			2
10		+10			
11		+10			
12		+10			
13		+9			
14		+9			
15		+10			
16		+11			
17		+11			
18		+10			
19		+9			
20		+7			
21		+6			
22		+6			

Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
23		+6			
24		+7			
25		+9			
26		+12			
27		+13			
28		+13			
29		+13			
30		+13			
31		+12			
32		+11			
33		+10			
34		+10			
35		+9			
36		+8			
37		+7			
38		+6			
39		+6			
40		+5			
41		+5			
42		+5			
43		+5			
44		+4			

Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
45		+4			
46		+4			
47		+4			
48		+6			
49		+8			
50		+5			
51		+6			
52		+7			
53		+6			
54		+4			
55		+1			8
56		0			7
57		-1			5
58		-1			
59		-1			
60		-2			
61		-2			
62		-2			
63		-2			
64		-3			
65		-5			
66		-8			

3.2 Lengkung

Lengkung merupakan titik rawan jalan rel karena terdapat perubahan pertinggian secara beraturan di lengkung peralihan yang di dalamnya terdapat skilu yang diijinkan.

Lengkung yang ada di wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn memiliki radius 500 < R < 1000 dan R ≥ 1000. Penelitian kerusakan jalan rel di lengkung no. 30 km 187 + 323 sampai dengan km 187 + 483 jalur hulu.

Identifikasi kerusakan jalan rel di lengkung dengan melakukan pemeriksaan grafik anak panah dan pertinggian di dalam lengkung.

Kerusakan :

1. Grafik anak panah yang tidak sesuai dengan grafik anak panah ideal.
2. Pertinggian di lengkung peralihan tidak beraturan sesuai variasi pertinggian di lengkung peralihan.
3. Pertinggian di lengkung penuh kurang, sesuai dengan perhitungan dengan kecepatan maksimal 100 km/jam.

4. Lansaman di oprit BH (jembatan) yang masuk di dalam lengkung peralihan terlalu pendek.

Penyebab :
1. Kurangnya balas di lokasi sehingga grafik anak panah tidak bagus oleh karena jalan rel cenderung mendorong ke arah luar rel akibat tekanan flen roda.
2. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan ambles sehingga terdapat lendutan di jalan rel.
3. Pemecokan MTT (*Multie Tie Tamper)* yang tidak memperhitungkan pertinggian sesuai kecepatan maksimal di lintas tersebut.
4. Pemasangan jembatan yang terlalu tinggi elevasinya yang tidak diimbangi dengan lansaman panjang di opritnya.

Tindakan :
1. Tambah balas dengan melangsir di jalur yang penuh balasnya.
2. Melestreng sesuai perhitungan geseran yang sudah direncanakan.
3. Angkat lestreng di lengkung peralihan dengan memperhitungkan nilai variasi sesuai perhitungan dengan kecepatan maksimal.
4. Merubah pertinggian di lengkung penuh sesuai perhitungan dengan kecepatan maksimal.
5. Angkatan untuk melevelkan oprit dengan jembatan.

Perhitungan lengkung sesuai kecepatan maksimal:

$$AP = \frac{95+95+96+95+94}{5}$$
$$= 95$$

$$R = \frac{50000}{AP}$$
$$= \frac{50000}{95}$$
$$= 526{,}31$$

Kecepatan maksimal 100 km/jam :

$$T = 5{,}95 \times \frac{V^2}{R}$$
$$= 5{,}95 \times \frac{100^2}{526{,}31}$$
$$= 5{,}95 \times 19$$
$$= 113 \text{ mm (pertinggian maks. 110 mm)}$$

$$PLA = 0{,}01 \times V \times T$$
$$= 0{,}01 \times 100 \times 113$$
$$= 113 \text{ m}$$

AP = Anak Panah
R = Radius
T = Pertinggian
PLA = Panjang Lengkung Alih

3.3 Jembatan

Titik rawan di jembatan adalah berada pada bantalan kayu jembatan dan konstruksi jembatan itu sendiri karena untuk menjaga kedudukan rel terdapat pada ikatan penambat pada bantalan kayu tersebut, jika bantalan kayu lapuk maka akan berpengaruh pada ikatan penambat yang mengakibatkan jalan rel goyang apabila dilewati kereta api.

Penelitian kerusakan jalan rel di jembatan BH 912 km 186 + 1/2 jalur hilir.

Identifikasi kerusakan jalan rel di jembatan dengan pemeriksaan pertinggian di tiap bantalan kayu jembatan dan oprit jembatan.

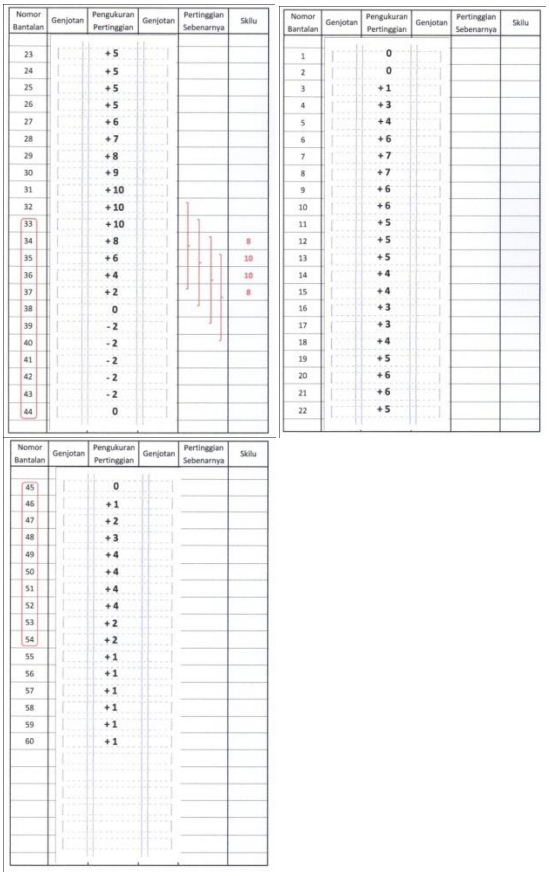
Kerusakan :
1. Terdapat pertinggian di jembatan yang mengakibatkan laju KA di jembatan menjadi miring.
2. Jalan rel di jembatan tidak lurus.
3. Lebar jalur di jembatan tidak beraturan atau tidak normal.
4. Oprit jembatan dibawah bantalan beton balasnya kosong yang mengakibatkan genjotan apabila dilewati KA.

Penyebab :
1. Kesalahan pada waktu awal pemasangan bantalan kayu jembatan yang tidak mengukur pertinggian dan lebar jalur di jembatan.
2. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan tidak maksimal sehingga masih ada rongga di bawah bantalan beton yang mengakibatkan genjotan.

Tindakan :

1. Mengganjal bantalan kayu jembatan dengan rubber pad agar pertinggian di jembatan nol (0) atau seimbang.
2. Melestreng atau menggeser jalan rel di jembatan dengan merubah lubang alat penambat tirepon agar jalan rel terlihat lurus.
3. Melakukan angkatan dan pemadatan / pemecokan bantalan beton di oprit jembatan.

Tabel 3.3 Pemeriksaan Pertinggian Di Jembatan



Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
23		+5			
24		+5			
25		+5			
26		+5			
27		+6			
28		+7			
29		+8			
30		+9			
31		+10			
32		+10			
33		+10			
34		+8			8
35		+6			10
36		+4			10
37		+2			8
38		0			
39		-2			
40		-2			
41		-2			
42		-2			
43		-2			
44		0			

Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
1		0			
2		0			
3		+1			
4		+3			
5		+4			
6		+6			
7		+7			
8		+7			
9		+6			
10		+6			
11		+5			
12		+5			
13		+5			
14		+4			
15		+4			
16		+3			
17		+3			
18		+4			
19		+5			
20		+6			
21		+6			
22		+5			

Nomor Bantalan	Genjotan	Pengukuran Pertinggian	Genjotan	Pertinggian Sebenarnya	Skilu
45		0			
46		+1			
47		+2			
48		+3			
49		+4			
50		+4			
51		+4			
52		+4			
53		+2			
54		+2			
55		+1			
56		+1			
57		+1			
58		+1			
59		+1			
60		+1			

3.4 JPL (Perlintasan)

Titik rawan di perlintasan karena sebidang dengan jalan raya yang dapat membahayakan perjalanan kereta api. Penelitian kerusakan jalan rel di perlintasan no. 316 km 183 + 1/2 jalur hilir antara tgn-los.

Jalan rel di perlintasan tersebut merupakan bagian dari lengkung, sehingga kedudukan jalan sebidang menjadi miring.

Identifikasi kerusakan jalan rel di perlintasan dengan melakukan pemeriksaan pertinggian dan anak panah di jpl karena bagian dari lengkung dan kondisi jalan sebidang.

Kerusakan :

1. Terjadi lendutan jalan rel di perlintasan saat dilewati kereta api.
2. Kondisi jalan sebidang rusak dan miring sehingga kendaraan yang akan melintasi jalan rel mengalami kesulitan.
3. Oprit perlintasan terdapat rongga di bawah bantalan beton yang mengakibatkan goyangan saat KA melintas.

Penyebab :

1. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan di perlintasan ambles sehingga terdapat lendutan di jalan rel.
2. Tidak Tersedianya drainase di area perlintasan sehingga akan menyebabkan tergenangnya air di oprit perlintasan yang dapat membuat genjotan terhadap laju KA.
3. Posisi jalan sebidang miring sehingga kendaraan yang akan melintas mengalami kesulitan yang dapat mempercepat rusaknya lapisan aspal.
4. Kondisi balas di bawah bantalan di oprit perlintasan yang tercampur dengan tanah sehingga pemadatan balas yang dilakukan ambles.

Tindakan :

1. Membongkar perlintasan dan melakukan pekerjaan angkatan di perlintasan sesuai dengan pertinggian yang diijinkan sesuai variasi pertinggian.
2. Membuat pembuangan aliran air dari oprit perlintasan.
3. Mengaspal kembali jalan sebidang yang rusak.
4. Menguras balas yang tercampur tanah dan mengganti balas dengan mengambil balas yang baik dari jalur yang lain, dan melakukan pemadatan / pemecokan balas kembali agar tidak ada rongga di bawah bantalan beton.

3.5 Sambungan

Titik rawan jalan rel di sambungan berada pada ikatan baut sambung dan kondisi rel di sambungan karena di sambungan terdapat hentakan dari laju roda ka yang cukup kuat, jika baut sambung tidak mengikat dengan baik dan kondisi rel yang depek, maka sambungan rel menjadi tidak rata dan lurus yang mengakibatkan flen roda KA menjadi naik dan anjlok.

Penelitian kerusakan jalan rel di sambungan di km. 182+1/2 jalur hulu. Identifikasi kerusakan jalan rel di sambungan dengan melakukan pemeriksaan angkatan di sambungan, kondisi rel, baut sambung dan plat sambung.

Kerusakan :

1. Terjadi lendutan di sambungan atau kurang angkatan sehingga sambungan tersebut terjadi hentakan roda ketika dilewati kereta api.
2. Alat penambat tirepon tidak mengikat dengan baik.

Penyebab :

1. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan di sambungan ambles sehingga terdapat lendutan.
2. Ketika terdapat lendutan atau kurang angkatan membuat bantalan kayu menjadi goyang ketika dilewati KA sehingga menyebabkan alat penambat yang mengikat rel ke bantalan menjadi kendor.

Tindakan :

1. Melakukan pemadatan / pemecokan balas kembali agar tidak ada rongga di bawah bantalan kayu sambungan.
2. Mengencangkan kembali alat penambat yang kendor.

3.6 Lurusan

Titik rawan jalan rel di lurusan ketika terjadi skilu. Untuk kecepatan ≥ 90 km/jam nilai skilu maksimal sebesar 7 mm. Penelitian kerusakan jalan rel di lurusan km. 187+7/8 jalur hulu antara tgn-los.

Kerusakan :

1. Terdapat lendutan atau kerusakan memanjang jalan rel.
2. Terdapat rongga di bantalan beton sehingga terjadi genjotan saat dilewati KA.

Penyebab :

1. Pemecokan MTT yang tidak sampai menyeluruh sehingga terjadi lendutan memanjang.
2. Pemadatan balas / pemecokan yang dilakukan tidak maksimal sehingga ada beberapa bantalan beton yang kosong dan ambles yang mengakibatkan sklilu.

Tindakan :

1. Melakukan pekerjaan angkatan untuk melevelkan jalan rel yang mengalami lendutan memanjang.
2. Pemecokan / pemadatan balas kembali dengan memperhitungkan nilai pertinggian yang seharusnya.

4. Kelayakan Jalan Rel

Penelitian yang dilakukan dengan mengidentifikasi kerusakan jalan rel di dapat penyebab – penyebab kerusakan berdasarkan pemeriksaan kereta ukur, dengan memperhitungkan nilai – nilai toleransi jalan rel dan melihat kondisi material jalan rel yang baik karena jalur hulu masih baru dan jalur hilir bantalan beton sudah diganti melalui pekerjaan PLU, maka untuk wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 jalur hulu dan hilir Koridor Cirebon – Tegal Lintas Semarangponcol – Cirebon layak untuk dilewati KA dengan puncak kecepatan yang diijinkan.

IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Kerusakan jalan rel berdasarkan hasil kereta ukur untuk wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tgn layak untuk dilewati KA dengan kecepatan maksimal sesuai dengan GAPEKA (grafik perjalanan kereta api).
2. Kerusakan wesel terdapat di emplasemen stasiun Losari karena pemecokan / pemadatan yang dilakukan tidak maksimal

sehingga dengan beban yang diterima membuat bantalan beton di wesel ambles.

3. Kerusakan geometri lengkung terdapat di petak jalan antara Tanjung – Losari jalur hulu karena kesalahan awal pekerjaan pembangunan track.
4. Kerusakan jalan rel di oprit – oprit jembatan terdapat di petak jalan Losari – Babakan karena pengaruh dari pekerjaan angkatan jembatan yang tidak memperhatikan elevasi lansaman sehingga lansaman di oprit jembatan terlalu curam.
5. Kerusakan jalan rel di perlintasan terdapat di petak jalan Tanjung – Losari karena pemadatan balas di JPL ambles yang merupakan bagian dari lengkung sehingga kondisi jalan sebidang miring.
6. Kerusakan jalan rel di sambungan terdapat di petak jalan Tanjung – Losari karena pemadatan balas yang dilakukan tidak maksimal sehingga terjadi lendutan di sambungan yang mengakibatkan hentakan roda KA yang keras.
7. Kerusakan jalan rel di lurusan terdapat di petak jalan Tanjung – Losari karena terdapat pertinggian dan skilu yang mengakibatkan laju KA menjadi miring dan goyang.
8. Untuk perbaikan kerusakan jalan rel tidak ada penggantian material jalan rel karena kondisi material masih baik, perbaikan yang dilakukan adalah perbaikan geometri jalan rel dengan melakukan pekerjaan angkat listring, pedoman pekerjaan untuk di lurusan nilai pertinggian 0 (nol) sedangkan untuk di lengkung nilai pertinggian berdasarkan perhitungan T maksimal untuk suatu kecepatan maksimal rencana.

B. Saran

1. Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dilakukan sesuai dengan siklus pemeliharaan agar dapat menjaga kondisi konstruksi jalan rel untuk dapat dilalui kereta api sesuai kecepatan yang direncanakan.
2. Agar dilakukan pemeriksaan secara berkala terutama pada titik – titik rawan jalan rel.
3. Pemadatan / pemecokan balas di oprit perlintasan dan jembatan agar dilakukan secara berkala
4. Untuk pertinggian lengkung yang tidak sesuai dengan perhitungan kecepatan rencana agar dilakukan pemecokan menyeluruh dengan pertinggian T maksimal sesuai perhitungan kecepatan rencana, lebih efektif dengan pemecokan MTT.
5. Untuk oprit jembatan yang elevasi lansamannya curam agar dilakukan pekerjaan angkatan untuk melevelkan jembatan dengan lansaman yang lebih panjang atau penurunan elevasinya lebih variatif.
6. Untuk pemasangan bantalan jembatan yang tidak sesuai pertinggian dan lebar jalurnya agar dilakukan perbaikan dengan mengganjal bantalan jembatan yang terdapat beda pertinggian / miring yang seharusnya di lurusan adalah 0 (nol) dan menggeser lubang alat penambat tirepon pada bantalan jembatan yang mengalami pelebaran atau penyempitan dari lebar jalur yang seharusnya adlah 1067 mm.

DAFTAR PUSTAKA

PJKA. Peraturan Dinas No. 10 Tentang peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, Bandung

PT. KAI (Persero). Seri Perjana 2012 Sistem Perawatan Jalan Rel & Jembatan, Bandung

PT. KAI (Persero). Seri Perjana 2012 Rencana Perawatan Tahunan Jalan Rel, Bandung

PT. KAI (Persero). Seri Perjana 2012 Material Jalan Rel, Bandung

PT. KAI (Persero). Seri Perjana 2012 Metode Kerja Perawatan Jalan Rel, Bandung

Ahmad Kurnia Ajie. Ryan Sudaryana, 1999, Analisis Hubungan Antara Biaya Pemeliharaan Dengan Indeks Kualitas Jalan Rel, Bandung

Yahya, Qi. 2012, Identifikasi Penyebab Kantung Ballas Pada Jalan Rel Berdasarkan Karakteristik Ballas Dan Drainase, Depok

Sugiarto, 2015, Analisis Kondisi Jalan Rel Cn-Ckp, Cn-Tg, Cn-Ppk Terhadap Track Quality Index, Cirebon