

**METODE PENANGANAN MASALAH *MUD PUMPING* STUDI
KASUS LINTAS SERPONG-CISAUK**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi

Diploma III

Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



DIAJUKAN OLEH:

ILHAM BAYU SUAJI

NOTAR: 19.03.045

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

BEKASI

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: ILHAM BAYU SUAJI
Nomor Taruna	: 19.03.045
Tanda Tangan	:
Tanggal	:

HALAMAN PENGESAHAN

KERTAS KERJA WAJIB

**METODE PENANGANAN MASALAH *MUD PUMPING* STUDI
KASUS LINTAS SERPONG-CISAUK**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh

NAMA: ILHAM BAYU SUAJI

Nomor Taruna: 19.03.045

Telah di Setujui oleh:

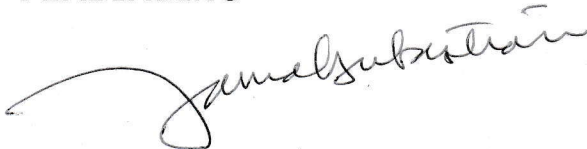
PEMBIMBING



Ir. ERFianto R.CHAN

Tanggal: 07 Agustus 2022

PEMBIMBING



Ir. DJAMAL SUBASTIAN, M.Sc

Tanggal: 07 Agustus 2022

KERTAS KERJA WAJIB

METODE PENANGANAN MASALAH *MUD PUMPING* STUDI KASUS LINTAS SERPONG-CISAUK

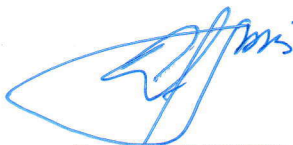
Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian

Oleh:

NAMA: ILHAM BAYU SUAJI
Nomor Taruna: 19.03.045

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 12 AGUSTUS 2022
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

PEMBIMBING

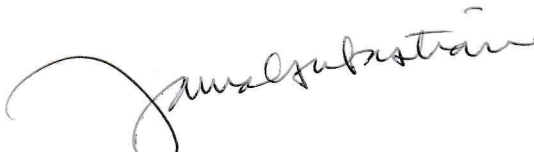


Ir. ERFianto R.CHAN

NIP. -

Tanggal: 15 Agustus 2022

PEMBIMBING



Ir. DJAMAL SUBASTIAN, M.Sc

NIP. 19590310 199103 1 004

Tanggal: 15 Agustus 2022

KERTAS KERJA WAJIB
METODE PENANGANAN MASALAH *MUD PUMPING* STUDI
KASUS LINTAS SERPONG-CISAUK

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

ILHAM BAYU SUAJI

NOTAR: 19.03.045

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 12 AGUSTUS 2022
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT
DEWAN PENGUJI

Penguji 1



Dr. Ir. Nico Djajasinga, M.Sc
NIP. 19571118 198303 1 002

Penguji 2



Utut Widyanto, M. Sc.
NIP. 19840408 200604 1 002

Penguji 3



YUANDA PATRIA TAMA, S.ST., MT
NIP.19871103 201012 1 005

MENGETAHUI,
KETUA PROGRAM STUDI
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN



Ir. BAMBANG DRAJAT, MM
NIP. 19581228 198903 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ILHAM BAYU SUAJI
Notar : 1903045
Program Studi : Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non – exclusive Royalty – Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**METODE PENANGANAN MASALAH MUD PUMPING STUDI KASUS LINTAS
SERPONG-CISAUK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bekasi, 10 Agustus 2022

Penulis,



ILHAM BAYU SUAJI

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu. Penulis Kertas Kerja Wajib (KKW) ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya pada program studi D.III Manajemen Transportasi Perkeretaapian di Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Kertas Kerja Wajib ini, penulis akan mengalami kesulitan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta atas segalanya, untuk kasih sayang yang tak terhingga serta doa, kerja keras dan dukungan semangat demi pendidikan, keberhasilan dan kebahagiaan anak-anaknya;
2. Bapak Ahmad Yani, ATD,MT selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD beserta Staff;
3. Bapak Ir. Bambang Drajat, MM selaku ketua Jurusan D-III Manajemen Transportasi Perkeretaapian beserta Dosen-dosen, yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan;
4. Bapak Ir. Erfianto R. Chan dan Bapak Ir. Djamal Subastian, M.Sc sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan terhadap penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini;
5. Kepala Resort dan Staff Resort Jalan dan Jembatan 1.21 Parung Panjang yang telah membimbing dan mengarahkan dalam Kertas Kerja Wajib ini;
6. Rekan-rekan TIM PKL PT.KAPM;
7. Rekan-rekan Taruna/I Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Angkatan XLI;
8. Sertas semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu perastu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penulisan Kertas Kerja Wajib ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Kertas Kerja Wajib ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk dapat menjadi perbaikan. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Bekasi, 10 Agustus 2022

Penulis

ILHAM BAYU SUAJI

NOTAR: 19.03.045

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI MASALAH	3
C. RUMUSAN MASALAH	3
D. MAKSUD DAN TUJUAN	3
E. BATASAN MASALAH	3
BAB II GAMBARAN UMUM	5
A. Kondisi Geografis	5
B. Kondisi Demografi.....	6
C. Kondisi Transportasi Kereta Api.....	7
D. Inventaris Jalan Rel Di Lintas Serpong-Cisauk.....	8
E. Kondisi Permasalahan Jalan Rel Di Lintas Studi.....	11
BAB III KAJIAN PUSTAKA.....	15
A. Transportasi	15
B. Perkeretaapian	16
C. Jalur Kereta Api	17
D. Pemompaan Lumpur (Mud Pumping).....	36
E. Geosintetik	44
BAB IV METODELOGI PENELITIAN	48
A. Alur Pikir	48
B. Bagan Alur Pikir	49
C. Jenis dan Sumber Data.....	50
D. Teknik Pengumpulan Data	51

E. Metode Analisa Data	51
F. Lokasi Dan Jadwal Penelitian	54
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH.....	55
A. Analisa data	55
B. Pemecahan Masalah.....	58
BAB VI PENUTUP	69
A. KESIMPULAN	69
B. SARAN	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Luas Daerah Menurut Kecamatan di Tangerang Selatan	6
Tabel II.2 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Tangerang Selatan	7
Tabel II.3 Jenis Kereta Api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk.....	7
Tabel II. 4 Frekuensi Kereta Api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk...	8
Tabel II.5 Tabel penumpang berangkat dan datang pada stasiun Serpong.....	8
Table II.6 Kondisi jalan rel lintas Serpong-Cisauk.....	9
Table II.7 Jenis bantalan lintas Serpong-Cisauk	10
Tabel II.8 Jenis Penambat lintas Serpong-Cisauk.....	11
Tabel III. 1 Tabel Penampang Melintang Jalan Rel.....	18
Tabel III.2 Gradasi Lapisan Ballas Atas.....	21
Tabel III.3 Gradasi Lapisan Ballas bawah.....	21
Tabel III.4 Kelebihan dan Kekurangan Bantalan Beton.....	24
Tabel III.5 Kelebihan dan Kekurangan Bantalan Kayu	24
Tabel III.6 kelebihan dan kekurangan bantalan.....	25
Tabel III.8 Siklus Pemeliharaan Bulanan	32
Tabel III.9 Siklus Pemeliharaan Tahunan	33
Tabel III.10 Kategori TQI.....	35
Table III.11 Kategori Kelas Jalan Rel Dan Daya Angkut Lintas.....	36
Tabel IV.1 Prosedur Cepat Pemeriksaan Jenis Tanah	53
Tabel IV.2 jadwal penelitian	54
Table V.1 Nilai <i>Track Quality Index</i> Resort 1.21 Parungpanjang	56
Tabel V.3 Langkah-Langkah Pembersihan Balas Kotor.....	59
Tabel V.4 Langkah-Langkah Pembersihan Drainase	62
Tabel V.5 Langkah-Langkah Pemasangan Material <i>Geotekstil</i>	65
Tabel V.6 Langkah-Langkah Pemasangan Bahan Material Seng Gelombang	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Peta Wilayah Kota Tangerang Selatan	5
Gambar II.2 Peta Lintas wilayah Resort 1.21 Parungpanjang.....	9
Gambar II.4 Kondisi Eksisting Bantalan Kayu Lapuk di KM 30+000-30+10	11
Gambar II.5 Kondisi Eksisting Ballas Kurang di KM 31+900 s.d 32+200.....	12
Gambar II.6 Kondisi Eksisting Drainase tertutup tanah di KM 30+500 s/d 30+900	13
Gambar II.7 Kondisi Eksisting <i>Mud Pumping</i> pada Sambungan Rel di KM 30+300 s/d 30+400	14
Gambar III.1 Penampang Melintang Jalan Rel.....	18
Gambar III.2 struktur bagian tubuh Badan Jalan Rel	19
Gambar III.3 balas (batu pecah).....	22
Gambar III.4 Bantalan kayu.....	23
Gambar III.5 Bantalan beton	23
Gambar III.6 Penambat pandrol.....	28
Gambar III.7 Penambat DE clip.....	29
Gambar III.8 Pemompaan Lumpur di KM 32+500 lintas Serpong-Cisauk	38
Gambar III.9 Proses terjadinya rongga antara bantalan dengan balas	40
Gambar III.10 proses terjadinya bantalan mengalami penurunan.....	40
Gambar III.11 proses terjadinya bantalan mengambang	41
Gambar III.12 proses terjadinya bantalan mengalami tekanan.....	41
Gambar III.13 proses terjadinya penurunan tubuh badan jalan rel.....	42
Gambar III. 14 Terjadinya Kantung Balas	42
Gambar III.15 Terjadinya Tekanan Dari Air Ke Tanah	43
Gambar III.16 Terjadi Keruntuhan Tanah Dasar Akibat Tekanan Air	43
Gambar III.19 Bentuk bahan <i>Woven Geotextile</i>	45
Gambar III.20 Bentuk bahan <i>Non Woven Geotextile</i>	46
Gambar V.3 Proses Pengerukan Balas Mati pada KM 30+300.....	60
Gambar V.4 Pola Pengerukan Balas Pemompaan Lumpur Pendek	60
Gambar V.5 Pola Pengerukan Balas Pemompaan Lumpur Panjang	61
Gambar V.6 Proses Pembuangan Balas Kotor	61
Gambar V.7 Posisi Penggunaan <i>Geotekstil</i>	62
Gambar V.8 Penempatan Penggunaan <i>Geotekstil</i>	63

Gambar V.9 Bahan <i>Geotekstile Non Woven</i>	63
Gambar V.10 Proses Pemasangan <i>Geotekstil</i> Pada Jalan Kereta Api	64
Gambar V.11 Posisi Pemasangan Lapisan Seng/Plastik.....	67
Gambar V.12 Bentuk Penggunaan Seng/Plastik Bergelombang.....	67
Gambar V.13 Antisipasi Gerak Longitudinal Seng/Plastik.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

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. (Kristian dan Roesdiana 2016)

Transportasi perkeretaapian mempunyai banyak keunggulan dibanding transportasi jalan yaitu antara lain: kapasitas angkut besar (massal), cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan serta membutuhkan lahan yang relatif sedikit. Dengan semakin kuatnya isu lingkungan, maka keunggulan kereta api dapat dijadikan sebagai salah satu alasan yang kuat untuk membangun transportasi perkeretaapian sehingga terwujud transportasi yang efektif, efisien dan ramah lingkungan. Keberpihakan pengembangan transportasi perkeretaapian berarti ikut serta dalam program penghematan energi dan peningkatan kualitas lingkungan. (Anwar dan Arisandi 2013)

Jalan rel merupakan bagian dari prasarana kereta api yang ikut berperan dalam menentukan keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan ketepatan waktu perjalanan kereta api. Untuk itu maka diperlukan pemeliharaan tahunan jalan rel yang tepat dan efisien agar kinerja jalan rel tetap dalam kondisi normal dan aman untuk dilewati kereta api selama umur pelayanan jalan rel. (Kurniawan dan Rulhendri 2015)

Mud pumping merupakan suatu kondisi dimana terjadinya air yang terperangkap didalam tubuh badan jalan rel, atau biasa di sebut dalam bahasa sehari-hari yaitu Pemompaan Lumpur. Penyebab terjadinya *mud pumping* (Pemompaan Lumpur) dikarenakan ballas yang tidak bisa meneruskan air bawah tubuh badan jalan rel jalan rel. Sehingga menyebabkan air tersebut terperangkap di tubuh badan jalan rel. Dan jika terus dibiarkan maka akan mengakibatkan lapisan sub ballas jenuh dan akan menyebabkan ballas bercampur dengan sub balas (pasir).

Dampak buruk dari permasalahan Pemompaan Lumpur ini bisa mengakibatkan terganggunya operasional kereta api seperti terjadi goyangan, anjlogan, genjotan yang berlebih pada kereta api yang melintas dan jika tidak segera di tangani maka akan mengakibatkan penurunan kualitas jalan rel. Penurunan jalan rel bisa menyebabkan rel tidak rata, sehingga bisa menyebabkan terjadinya PLH (Peristiwa Luar Biasa Hebat) seperti anjlogan. Untuk mengantisipasi hal tersebut terjadi, maka perlu diadakan pengoptimalan jalur kereta api dengan cara menangani permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*). Penanganan pada Pemompaan Lumpur (*mud pumping*) ini diharapkan bisa meningkatkan kenyamanan dan keamanan kereta api serta dapat mengantisipasi terjadinya PLH (Peristiwa Luar Biasa Hebat).

Oleh karena itu penulis mencoba untuk melakukan pengkajian terhadap pemeliharaan jalan kereta di Daerah Operasi I Jakarta khusus nya di wilayah resort 1.21 Parungpanjang lintas Serpong-Cisauk. Dalam hal ini penulis mengambil judul **"METODE PENANGANAN MASALAH *MUD PUMPING* STUDI KASUS SERPONG-CISAUK"**.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Dari hasil tinjauan survey yang dilakukan di lintas serpong-cisauk, permasalahan yang di temukan saat ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa permasalahan jalan yang terjadi terutama permasalahan Pemompaan Lumpur (*mud pumping*).
2. *Mud Pumping* yang terjadi di lintas yaitu pada sambungan rel terjadi karena balas yang mati atau balas kotor sehingga terjadi penurunan balas dan berkurangnya permeabilitas lapisan balas.
3. Permasalahan *mud pumping* dapat mempengaruhi nilai kualitas jalan rel (*Track Quality Index*) menjadi buruk.

C. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana dampak yang terjadi dari permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*)?
2. Berapa daya angkut lintas yang diterima pada lintas Serpong-Cisauk?
3. Bagaimana cara penanganan yang dilakukan pada permasalahan di pemompaan lumpur (*Mud Pumping*) tersebut?

D. MAKSUD DAN TUJUAN

1. Mengetahui dampak yang terjadi karena Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*).
2. Mengetahui berapa daya angkut lintas yang diterima pada lintas serpong-cisauk tersebut.
3. Mengetahui cara penanganan permasalahan *mud pumping* yang dilakukan.

E. BATASAN MASALAH

Untuk analisa yang di lakukan pada sepanjang lintas Serpong-Cisauk dibatasi:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di lintas Serpong-Cisauk sepanjang 2,797 m'track yang terdapat 7 titik Permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*).
2. Tidak melakukan kajian pada biaya untuk perawatan.
3. Perawatan jalan rel yang di laksanakan tidak menggunakan window time.

4. Hanya berfokus pada penanganan permasalahan yang ada di lintas yaitu Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*).

BAB II

GAMBARAN UMUM

A. Kondisi Geografis

Kota Tangerang Selatan berada di bagian Timur Provinsi Banten, yaitu di titik koordinat $106^{\circ}38'-106^{\circ}47'$ Bujur Timur dan $06^{\circ}13'30''-06^{\circ}22'30''$ Lintang Selatan. Kota Tangerang Selatan memiliki luas sebesar 147,19 Km^2 yang memiliki 7 (tujuh) kecamatan yang terdiri dari 54 (lima puluh empat) kelurahan.



Sumber: BPS Kota Tangerang Selatan Dalam Angka, 2022

Gambar II.1 Peta Wilayah Kota Tangerang Selatan

Kota Tangerang Selatan memiliki batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara: Kota Tangerang dan provinsi DKI Jakarta
2. Sebelah Timur: provinsi DKI Jakarta dan Kota Depok
3. Sebelah Selatan: Kota Depok dan Kota Bogor
4. Sebelah Barat: Kabupaten Tangerang

Tabel II.1 Luas Daerah Menurut Kecamatan di Tangerang Selatan

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Persentase Terhadap Luas Kota (%)
1	Serpong	24,04	16,33%
2	Serpong Utara	17,84	12,12%
3	Ciputat	18,38	12,49%
4	Ciputat Timur	15,43	10,48%
5	Pamulang	26,82	18,22%
6	Pondok Aren	29,88	20,30%
7	Setu	14,80	10,06%
	Jumlah	147,19	100,00%

Sumber: BPS Kota Tangerang Selatan Dalam Angka, 2022

Wilayah administratif Kota Tangerang Selatan memiliki luas wilayah 147,19 Km². Secara administratif, Kota Tangerang Selatan memiliki 7 (tujuh) kecamatan yang terdiri dari 54 (lima puluh empat) kelurahan. Kecamatan yang memiliki luas wilayah paling besar adalah Pondok Aren dengan luas 29,88 Km² dari luas keseluruhan Kota Tangerang Selatan, sedangkan kecamatan dengan luas wilayah paling kecil adalah Setu dengan luas 14,80 Km².

B. Kondisi Demografi

Berdasarkan dari hasil data sensus penduduk oleh Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2022 Jumlah penduduk kota Tangerang adalah 1.365.688 jiwa, yang terdiri dari 683.474 laki-laki dan 682.214 perempuan.

Tabel II.2 Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Tangerang Selatan

Kecamatan	Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk/km ²
Setu	86.357	5.153
Serpong	156.922	5.551
Pamulang	308.219	10.724
Ciputat	210.887	9.990
Ciputat Timur	172.542	9.688
Pondok Aren	295.687	9.922
Serpong Utara	135.074	6.041
Jumlah	1.365.688	57.069

Sumber: BPS Kota Tangerang Selatan Dalam Angka, 2022

C. Kondisi Transportasi Kereta Api

1. Jenis Kereta Api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk

Kereta api yang sering lewat di petak jalan Serpong-Cisauk adalah Kereta Api Commuter Line/KRL dan Kereta Api barang yang mengangkut batu bara dan baja coil.

berikut tabel jumlah kereta api yang sering lewat di petak jalan Serpong-Cisauk:

Tabel II.3 Jenis Kereta Api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk

Jenis Kereta Api	Jumlah
KRL	86
Kereta Jarak Jauh	0
Kereta Barang	4

Sumber: PPKA Stasiun Serpong, 2022

2. Jumlah/frekuensi kereta api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk

Dengan banyaknya kereta api yang lewat di lintas Serpong-Cisauk sehingga PPKA dapat menghitung Frekuensi Kereta Api yang lewat di lintas tersebut.

Berikut jumlah frekuensi Kereta Api di Lintas Serpong-Cisauk:

Tabel II. 4 Frekuensi Kereta Api yang lewat pada petak jalan Serpong-Cisauk

No	Jenis Kereta	Jumlah Frekuensi Ka			
		Sehari	Seminggu	Sebulan	Setahun
1	KRL	86	602	2.580	30.960
2	Kereta Barang	4	28	120	1.440

Sumber: PPKA Stasiun Serpong, 2022

3. Jumlah penumpang berangkat dan datang pada stasiun Serpong

Dengan ramainya penumpang yang berangkat dan datang di Stasiun Serpong sehingga jumlah penumpang dapat dihitung setiap hari, setiap minggu, setiap bulan, dan setiap tahun.

Berikut jumlah penumpang berangkat dan datang di Lintas Serpong-Cisauk:

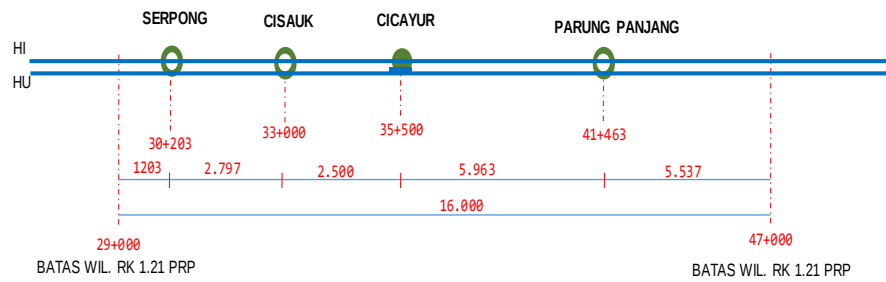
Tabel II.5 Tabel penumpang berangkat dan datang pada stasiun Serpong

No	Kereta Api Penumpang	Jumlah Penumpang (2021)			
		Sehari	Seminggu	Sebulan	Setahun
1	Datang	2.500	17.500	75.000	900.000
2	Berangkat	1.850	12.950	55.500	666.000
	Total	4.350	30.450	130.500	1.566.000

Sumber: PPKA Stasiun Serpong, 2022

D. Inventaris Jalan Rel Di Lintas Serpong-Cisauk

Kajian ini diambil di wilayah Daerah Operasi 1 Jakarta, lebih tepatnya di wilayah resort 1.21 Parungpanjang dengan batas wilayah Serpong-Parungpanjang. Lintas studi yang diambil dalam penelitian ini yaitu lintas Serpong-Cisauk. Lintas Serpong-Cisauk ini memiliki jalur kereta api sepanjang 2.797 m'track, dan daerah yang dijadikan objek penelitian terhitung dari KM awal 30+203 dan KM akhir 33+000.



Sumber: Resort Jalan Rel dan Jembatan 1.21 Parungpanjang, 2022

Gambar II.2 Peta Lintas wilayah Resort 1.21 Parungpanjang

Berikut merupakan keadaan eksisting atau kondisi prasarana pada lintas studi Serpong-Cisauk, sebagai berikut:

1. Jalan Rel

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 tergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.

Rel memiliki fungsi yaitu antara lain:

- Menerima beban dari roda dan mendistribusikan beban ini ke bantalan atau tumpuan.
- Mengarahkan roda ke lateral, gaya-gaya horizontal melintang yang bekerja pada kepala rel disalurkan dan didistribusikan pada bantalan dan tumpuan.
- Menjadi permukaan yang halus untuk dilewati dan dengan adhesinya rel mendistribusikan gaya-gaya percepatan dan pengereman.
- Sebagai penghantar arus listrik untuk lintas kereta api.
- Sebagai penghantar arus listrik.

Table II.6 Kondisi jalan rel lintas Serpong-Cisauk

RESORT	KM - HM	PANJANG JENIS REL (m'sp)		
		R.54	R.42	R.33
Resort 1.21 Parungpanjang	30+203 s/d 33+000	2.797	-	-

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Pada lintas studi Serpong-Cisauk secara keseluruhan sudah menggunakan jenis rel R.54.

2. Bantalan

Bantalan merupakan landasan tempat rel bertumpu dan diikat dengan penambat. Bantalan dipasang melintang rel dan jarak bantalan satu dengan bantalan yang lain adalah 60 cm. Bantalan mempunyai fungsi, berikut merupakan Fungsi dan persyaratan umum bantalan adalah:

- Untuk memberi tumpuan dan tempat pemasangan kaki rel dari penambat.
- Untuk menahan beban-beban rel dan menyalurkan serata mungkin ke ballas.
- Untuk menahan lebar jalan rel dan kemiringan rel.
- Untuk memberikan isolasi yang memadai antara kedua rel.
- Harus tahan terhadap pengaruh mekanis dan cuaca dalam jangka waktu yang lama.

Table II.7 Jenis bantalan lintas Serpong-Cisauk

RESORT	KM - HM	JENIS BANTALAN		
		BETON	BESI	KAYU
1.21 Parungpanjang	30+203 s/d 33+000	4.465	-	197

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Jenis bantalan yang digunakan di lintas Serpong-Cisauk sudah semua menggunakan bantalan beton dan terdapat 8 titik sambungan rel dan 3 wesel yang menggunakan bantalan kayu.

3. Penambat

Penambat merupakan komponen pada jalan rel yang mengikat rel pada bantalan agar posisi rel pada bantalan menjadi tetap, kokoh, kuat dan tidak bergerak. Penambat menurut jenisnya dibagi menjadi 2 yaitu penambat kaku dan penambat elastis. Penambat memiliki fungsi sebagai berikut:

- Menyerap gaya-gaya pada rel dan kemudian disalurkan ke bantalan.
- Meminimalisir terjadinya getaran dan guncangan yang disebabkan gerakan sarana.

- c. Menjaga lebar lintasan dan kemiringan rel dalam batas tertentu.
- d. Isolasi arus listrik dari rel ke bantalan terutama pada bantalan beton.

Berikut disajikan kondisi penambat pada lintas studi Serpong-Cisauk:

Tabel II.8 Jenis Penambat lintas Serpong-Cisauk

RESORT	KM - HM	JENIS PENAMBAT				
		E CLIP	F TYPE	DE CLIP	KA CLIP	KAKU
1.21 Parungpanjang	30+203 s/d 33+000	18.648	-	-	-	-

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Jenis penambat yang digunakan di lintas studi Serpong-Cisauk sudah semuanya menggunakan penambat E-Clip.

E. Kondisi Permasalahan Jalan Rel Di Lintas Studi

1. Jalan rel kereta api
 - a. Bantalan kayu lapuk pada sambungan

Lapuknya bantalan tersebut dikarenakan umur kayu yang sudah lama atau bisa juga terjadi karena adanya masalah Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*). Penggunaan bantalan kayu yang lama ini dikarenakan tidak tersedianya material cadangan bantalan kayu yang baru.



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar II.4 Kondisi Eksisting Bantalan Kayu Lapuk di KM 30+000 s/d 30+100

b. Ballas kurang

Ballast kurang terjadi karena kondisi tubuh ban yang tidak stabil atau memang karena kurangnya ballast pada wilayah tersebut dan bisa juga akibat dari aksi vandalisme. Akibat dari kurangnya ballast tersebut bisa menimbulkan *Mud Pumping* (Pemompaan Lumpur) dan rel spaten.



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar II.5 Kondisi Eksisting Ballas Kurang di KM 31+900 s.d 32+200

c. Drainase tertutup tanah

Masi banyak di temukan Drainase yang tidak terawat seperti contoh drainase yang tertutup tanah, dan ini berpengaruh besar terhadap kondisi lingkungan di trak lintas Serpong-Cisauk karna air yang ada di selokan tidak dapat mengalir dengan baik dan hal ini juga dapat berimbas atau dapat memperparah kerusakan yang ada pada jalan rel.



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar II.6 Kondisi Eksisting Drainase tertutup tanah di KM 30+500 s/d 30+900

d. *Mud pumping* (Pemompaan Lumpur) pada sambungan

Terdapat banyak masalah *Mud Pumping* atau Pemompaan Lumpur yang terjadi terutama pada sambungan rel, hal ini dikarenakan pada lokasi sambungan memang rawan terjadi *Mud Pumping* karena pada sambungan rel rawan terjadinya genjotan akibat kondisi sambungan yang bantalannya sudah lapuk atau rel pada sambungan tersebut cacat (*defect*).

Pemompaan Lumpur atau *Mud Pumping* dapat disebabkan karena tanah pada badan jalan lembek atau lemah karena hujan atau air tanah lalu berubah menjadi lumpur. Kemudian lumpur naik di balas yang dipompa saat beban kereta api lewat. Pemompaan tanah tersebut akibat getaran vertical dari bantalan.



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar II.7 Kondisi Eksisting Mud Pumping pada Sambungan Rel di KM 30+300 s/d 30+400

e. Kondisi peralatan perawatan mud pumping

No	Item Peralatan	Baik	Rusak	Satuan
1	Hand Tie Tamper (Htt)	2	2	Unit
2	Alat Ukur Lebar Spoor / Matisa	2	0	Buah
3	Dongkrak 15 Ton	1	0	Buah
4	Lori Dorong / Lotrok	1	0	Unit
5	Palu 10 Kg	2	0	Buah
6	Cangkul	2	0	Buah
8	Sekop	2	0	Buah
9	Garukan Profil Balas	75	0	Buah
10	Garpu Balas Tarik	4	0	Buah
11	Ayakan Balas (2-6 Cm)	2	0	Buah
12	Pengki / Krenyeng	3	0	Buah
13	Skep Semboyan 2a, 2b	1	0	Set

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

A. Transportasi

Transportasi ialah layanan jasa yang berguna untuk memindahkan atau membawa orang maupun barang dari satu tempat menuju ke tempat lain. Transportasi juga sebagai sarana fasilitas yang sering digunakan oleh masyarakat untuk menunjang segala aktivitasnya yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-harinya (Nova dan Widiastuti 2019).

Menurut (Nasution 2018) Transportasi merupakan alat yang digunakan untuk mengangkut manusia, hewan dan barang ketempat tujuan, atau definisi transportasi yang lainnya yaitu proses memindahkan manusia, hewan atau barang dari tempat asal ketempat tujuannya dengan memakai suatu alat/sarana yang dapat digerakan oleh makhluk hidup atau mesin. Fungsi transportasi adalah untuk memudahkan aktifitas manusia dalam kehidupan sehari-hari, melancarkan arus barang dan manusia, menunjang perkembangan pembangunan pada suatu daerah, dan menunjang perkembangan ekonomi dengan jasa angkutan.

Menurut (Wahyudin, 2018) sistem transportasi adalah sistem yang kompleks di mana barang dipindahkan dalam sistem transportasi yang sama seperti yang di mana penumpang berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain. Sistem transportasi yang berkesinambungan mempunyai kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi dan keadilan sosial tanpa meningkatkan konsentrasi zat di atmosfer secara sistematis dan merusak lingkungan alam.

Transportasi adalah pergerakan manusia atau barang dari tempat yang satu ke tempat yang lain, pergerakan timbul karena adanya aktifitas didalam masyarakat. Terdapat lima unsur pokok transportasi, yaitu: manusia yang membutuhkan transportasi, barang yang diperlukan manusia, kendaraan sebagai sarana transportasi, jalan sebagai prasarana transportasi, dan organisasi sebagai pengelola transportasi (Wahab, 2019)

B. Perkeretaapian

Perkeretaapian adalah suatu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana dan sumber daya manusia serta norma, kriteria, persyaratan dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi. Perkeretaapian diselenggarakan untuk memperlancar perpindahan orang dan/atau barang secara masal dengan selamat, aman, nyaman, cepat, dan efisien (Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian). Jadi, perkeretaapian adalah suatu sistem transportasi yang berfungsi untuk memindahkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lain dalam jumlah yang sangat banyak, menghemat energi dan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien. Berdasarkan pengertian di atas bahwa sistem perkeretaapian terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu prasarana, sarana, dan sumber daya manusia. Sesuai dengan yang tertulis dalam Undang-undang No. 23 Tahun 2007 dimana yang dimaksud prasarana adalah jalur kereta api, bangunan stasiun, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan, sedangkan sarana adalah yang dapat bergerak di jalan rel. Adapun sumber daya manusia yang dimaksud adalah awak sarana perkeretaapian, petugas pengoperasian prasarana perkeretaapian, petugas penguji prasarana perkeretaapian, petugas penguji sarana perkeretaapian, petugas pemeriksa prasarana perkeretaapian, petugas pemeriksa sarana perkeretaapian, petugas perawatan prasarana perkeretaapian, dan petugas perawatan sarana perkeretaapian. Untuk mempertahankan jalur kereta api tetap dapat berfungsi sesuai dengan kelasnya dan tetap laik operasi harus dilakukan perawatan (Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 52 tahun 2000 tentang Jalur Kereta Api). Perawatan prasarana perkeretaapian harus dilakukan sesuai dengan pedoman perawatan yang disusun oleh penyelenggara prasarana perkeretaapian (Peraturan Menteri Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Standar Dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian).

C. Pemeriksaan prasarana perkeretaapian

Pemeriksaan berkala merupakan kegiatan pemeriksaan untuk menjamin kelaikan prasarana operasi sebelum prasarana kereta api dioperasikan. Pemeriksaan tidak terjadwal dilakukan apabila terjadi rintang jalan atau pada saat terjadinya hujan deras, gempa atau longsor atau kejadian perubahan kondisi alam yang membahayakan keselamatan pengoperasian kereta api. (Peraturan Menteri Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar Dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian).

D. Jalur Kereta Api

1. Badan jalan Rel

Badan jalan rel merupakan lapisan tanah, baik dalam keadaan tanah asli ataupun dalam bentuk yang sudah diperbaiki (*improved subgrade*) ataupun dalam bentuk buatan, yang memikul beban dari lapisan balas dan sub-balas. Secara umum, jalan rel dapat berada di daerah dataran, perbukitan maupun pegunungan sehingga tubuh jalan rel berada di daerah timbunan maupun galian dan dapat juga bertumpu pada endapan tanah lunak maupun formasi batuan yang keras.

Sepur diletakan di atas suatu alas yang disebut balas, yang selanjutnya di bawah balas terdapat lapisan tanah dasar. (Murniati, Desriantomy dan Ibie 2018)

Badan jalan rel pada daerah timbunan (daerah datar) terdiri dari:

- a. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)
- b. Lapisan tanah timbunan (*fill material*), dan
- c. Tanah asli (*natural soil*)
- d. *Sub ballast*
- e. *Ballast*

Badan jalan rel pada daerah galian (daerah pegunungan atau lereng) terdiri dari:

- a. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)
- b. Tanah asli (*natural soil*)
- c. *Sub ballast*
- d. *ballast*

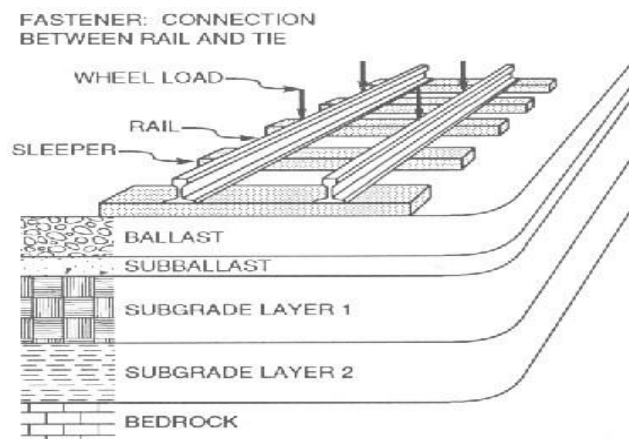
3. Sub-ballas

Pada dasarnya material sub-balas tidak harus memiliki kualitas yang sangat baik seperti yang disyaratkan pada material balas. Salah satu fungsi sub-balas adalah meneruskan dan menyebarkan tekanan akibat beban yang dipikul.

Karena lapisan bawah dari material yang mudah lepas menyebabkan mudah berpindah posisi dikarenakan gertaran disaat kereta api melintas dan terbawa air, maka memerlukan kontruksi penguat. Kontruksi penguat ini biasanya terbuat dari pasangan batu kosong. Penggunaan cara-cara lain tidak dilarang namun harus ada jaminan kekuatannya.

Lapisan sub-balas harus dipadatkan hingga mencapai 100%. Pemadatan agregat perlu dilakukan lapis demi lapis dan ketebalan tiap lapis setelah dipadatkan tidak boleh melebihi dari 15cm. Jika material terlalu kering, maka perlu diberi air untuk memudahkan pemadatan. Pemadatan boleh dilakukan dengan alat berat dengan roda karet atau dengan mesin pemadat yang bergetar (*Vibratory Roller*). Penggetar kecil (*Pneumatic Tamper*) digunakan di tempat-tempat dimana *Roller* tidak dapat bekerja.

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm. (Anwar dan Arisandi 2013)



Sumber: Resort 1.21 Parungpanjang, 2022

Gambar III.2 struktur bagian tubuh Badan Jalan Rel

4. Ballas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih. (Murniati, Desriantomy dan Ibie 2018)

Lapisan balas terletak di atas lapisan tanah dasar. Lapisan balas mengalami tegangan yang besar akibat lalu lintas kereta api, sehingga bahan pembentuknya harus baik dan pilihan.

Fungsi balas adalah sebagai berikut:

- a. Meneruskan dan menyebarkan beban yang diterima bantalan ke tanah dasar
- b. Mencegah atau menahan bergesernya bantalan dan rel baik membujur (akibat gaya rem, jejeakan roda pada rel, kembang susut rel karena perubahan suhu udara), maupun melintang akibat gaya-gaya lateral
- c. Meluruskan air sehingga terjadi genangan air di sekitar bantalan dan rel
- d. Mendukung bantalan dengan dukungan yang kenyal

Lapisan ballas atas terdiri dari batu pecah yang memiliki sudut tajam "*Angular*" dengan ukuran antara 2-6 cm. Lapisan ini harus bisa 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 bantalan. Akibat beban dinamis yang berat berasal dari kereta api yang berjalan di atasnya, lapisan balas atas akan mengalami tegangan yang sangat besar, oleh karena itu maka bahan pembentukannya harus baik.

Persyaratan bahan lapisan balas atas ialah sebagai berikut:

- a. Batu pecah yang keras, tidak mudah pecah oleh pembebanan.
- b. Tahan lama, tidak cepat aus oleh beban, dan tahan mengenai cuaca.

- c. Bersudut (angular).
- d. Mempunyai gradasi tertentu sehingga mempunyai sifat saling kunci dan saling gesek yang baik dan mempunyai koefisien permeanilitas yang tinggi.
- e. Untuk jalan rel kelas I dan II ukuran minimal 2,5"-0,75". Untuk jalan rel kelas III digunakan ukuran minimal 2"-1"
- f. Bersih dari kotoran, tanah, dan lumpur.

Berikut disajikan tabel gradasi lapisan ballas atas:

Tabel III.2 Gradasi Lapisan Ballas Atas

Ukuran nominal (inch)	Persen Lolos Saringan							
	Ukuran Saringan (inch)							
	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	3/8
2,5 - 0,75	100	90-100	25-60	25-60		0-10	0-5	
2-1		100	95-100	35-70	0-15		0-5	
1,5 - 0,75			100	90-100	20-15	0-15		0-5

Sumber: Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012

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 pada lapisan balas bawah adalah 15 cm.

Tabel III.3 Gradasi Lapisan Ballas bawah

Ukuran Saringan	2	1	3/8	no 10	no 40	no 200
% Lolos Optimum	100	95	67	38	21	7
Yang diizinkan	100	90-100	50-84	26-50	12-30	0-10

Sumber: Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012

Dengan persyaratan bahan balas seperti di atas tersebut, akan diperoleh kinerja balas sesuai fungsinya termasuk memberikan kekenyalan. Berkaitan dengan kekenyalan, penggunaan batu pecah seperti yang disyaratkan akan memberikan kekenyalan yang lebih alami sehingga akan didapat kenyamanan yang lebih baik.



Sumber: hasil dokumentasi, 2022

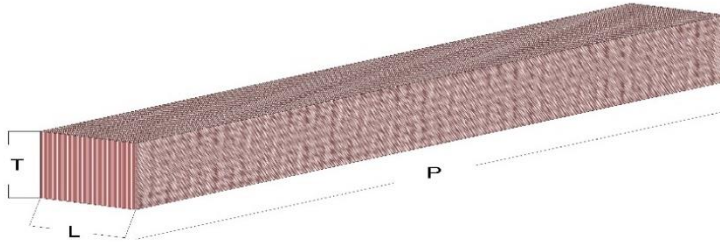
Gambar III.3 balas (batu pecah)

5. Bantalan

Menurut buku saku perawatan jalan rel, 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 cm).

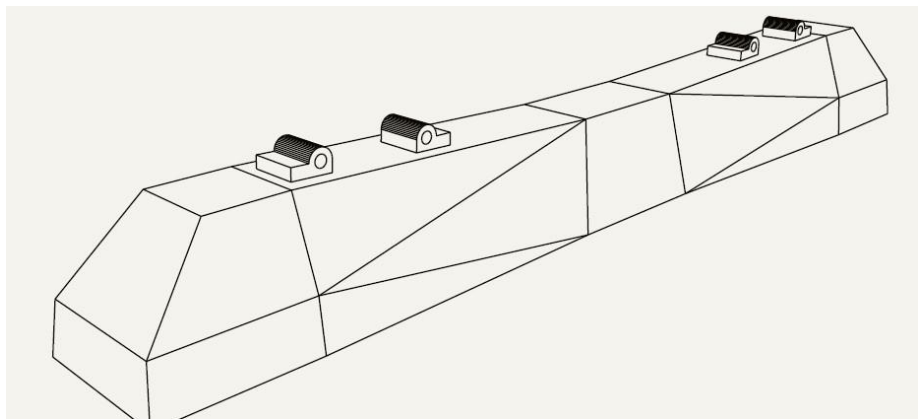
Bantalan berfungsi untuk menjaga psosisi rel dan menopang rel serta meneruskan beban kereta api yang diterima rel kepada ballas. Bantalan yang bisa digunakan adalah bantalan kayu, bantalan beton, dan bantalan besi. Keunggulan bantalan beton adalah tidak terpengaruh oleh cuaca, usia pakainya yang lebih tinggi dibanding bantalan kayu. Peruntukan bantalan kayu di Indonesia biasanya digunakan pada wesel dengan pertimbangan agar mudah pelaksanaan perawatan wesel tersebut. Sedangkan untuk bantalan beton digunakan pada lintas utama. Bantalan besi saat ini sudah jarang digunakan karena perawatan yang sulit.

Berikut di bawah ini adalah contoh bantalan:



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 Parung Panjang, 2022

Gambar III.4 Bantalan kayu



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 Parung Panjang, 2022

Gambar III.5 Bantalan beton

Untuk menjaga daya tahan balas terhadap gaya pada arah longitudinal dan lateral, maka pada bagian ujung dan tiap sisi bantalan harus tertutup oleh balas. Jarak antar as bantalan biasanya 60 cm, tetapi untuk RPM (Rel Panjang Menerus) yang bebannya ringan jarak ini dapat dinaikkan menjadi 75 cm.

Tabel III.4 Kelebihan dan Kekurangan Bantalan Beton

Jenis Bantalan	Kelebihan	Kekurangan
Bantalan Beton	Relative mudah dibuat	Kurang elastis dibandingkan bantalan kayu
	Cara perancangan dan pembuatannya lebih bebas	Beban dinamis dan tekanan balas bisa menjadi lebih besar
	Berat bantalan yang besar sangat berguna untuk kemantapan jalan rel	Rentan terhadap pengaruh rel keriting dan las yang jelek
	Tahan lama lebih dari 50 tahun	Mudah hancur bila terjadi anjlok
	Tekanan gandar lebih dari 18 ton	Resiko kerusakan karena pukulan besar (anjlok, mata pecok)
	Tahan terhadap perubahan cuaca yang buruk	

Tabel III.5 Kelebihan dan Kekurangan Bantalan Kayu

Jenis Bantalan	Kelebihan	Kekurangan
Bantalan Kayu	Dapat meredam getaran dari saran sehingga tidak menimbulkan kebisingan	Sulit di dapat atau langka
	Lebih elastis	Umur relative pendek tergantung jenis kayu
		Tidak tahan terhadap kondisi cuaca yang lembab
		Mudah pecah dan perlu diawetkan

Tabel III.6 kelebihan dan kekurangan bantalan

Jenis Bantalan	Kelebihan	Kekurangan
Bantalan Besi	Usia pakai yang lebih dari 50 tahun	Pembuatannya harus mempunyai pabrik baja
	Ketepatan ukuran yang tinggi	Harganya relative mahal
	Residual valuenya positif	Pada kecepatan tinggi, kereta api tidak nyaman
	Aman bila KA anjlok	Perawatan dengan mesin pecok tidak optimal
		Tidak dapat dipasang pada track yang menggunakan track sirkuit pada system persinyalan elektrik
		Jika terjadi derailment atau anjlokkan, bantalan bengkok

Ukuran bantalan berdasarkan jenis nya yaitu sebagai berikut:

a. Ukuran bantalan beton:

Panjang = 200 cm
 Tebal = 20 cm
 Lebar atas = 18 cm
 Lebar bawah = 24 cm
 Panjang sisi miring = 18-20 cm

b. Ukuran bantalan kayu pada jalan lurus:

Panjang = 2000 mm
 Tinggi = 130 mm
 Lebar = 220 mm

c. Ukuran bantalan kayu pada jembatan:

Panjang = 1800 mm
 Tinggi = 200 mm
 Lebar = 220 mm

d. Ukuran bantalan besi:

Panjang = 2.000 mm
 Lebar atas = 144 mm
 Lebar bawah = 232 mm
 Tebal = minimal 7 mm

6. Penambat

Pergerakan dinamis roda dapat mengakibatkan gaya lateral yang besar. Oleh karena itu, kekuatan penambat sangat diperlukan untuk dapat mengeliminasi gaya ini. Jenis penambat digolongkan berdasarkan karakteristik perkuatan yang dihasilkan dari sistem penambat yang digunakan. Berikut dijelaskan faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penggunaan penambat, dan jenis-jenis penambat yang hingga saat ini masih digunakan di Indonesia dan beberapa negara lainnya. (Kristian dan Roesdiana 2016)

a. Faktor-faktor penggunaan penambat

- 1) Pengalaman pemakaian, terkait dengan catatan teknis pemakaian.
- 2) Besarnya gaya jepit (*clamping force*) yang dihasilkan oleh penambat.
- 3) Besarnya nilai rangkak (*creep resistance*) yang dihasilkan oleh penambat.
- 4) Kemudahan dalam perawatan penambat.
- 5) Pemakaian kembali (re-use) penambat jika rel diganti dimensi nya, artinya pembongkaran dan pemasangan kembali penambat dapat dilakukan tanpa merusak struktur penambat tersebut.
- 6) Umur penambat
- 7) Harga penambat
- 8) Selain itu, masih terdapat faktor-faktor lain yang sifatnya sebagai pertimbangan lain (tidak dominan).

b. Persyaratan teknis penambat

- 1) Gaya jepit harus kuat untuk menjamin gaya tahan rel pada bantalan lebih besar dari pada gaya tahan rangkak bantalan pada stabilitas dasar balas.
- 2) Gaya jepit penambat dapat bertahan lama, meskipun alat jepit tidak dapat dihindarkan dari adanya kelonggaran dan keausan pada pelat andas maupun angker akibat dari menahan getaran yang berterusan.

- 3) Frekuensi getaran alami (*natural frequency*) penambat pada dasarnya harus lebih besar dari frekuensi getaran alami rel supaya dapat mencegah setiap kehilangan kontak antara penambat dengan rel selama lalu lintas melalui jalan rel.
- 4) Bahan material penambat harus mempunyai kualitas yang baik agar dapat mempertahankan kekenyalan penambat dalam jangka waktu lama.
- 5) Teknologi pemasangan rel dan penambat sebaiknya dilakukan secara cepat, baik secara mekanik sederhana maupun manual.
- 6) Penyetelan penambat sebaiknya dilakukan secara cepat dan mudah, serta diusahakan dapat dilakukan oleh petugas selain teknisi.
- 7) Penambat cukup mampu dan kuat sebagai penggabungan susunan isolasi listrik dan mudah diganti bila rusak.
- 8) Penambat mempunyai alas karet yang dapat mencegah rangkai rel, meredam tegangan vertikal yang bekerja kebawah dan melindungi permukaan bantalan serta mempunyai tahanan daya tahan listrik yang cukup untuk pemisahan rel dari bantalan.

c. Jenis-jenis penambat

Untuk saat ini jenis penambat dibedakan menurut sistem perkuatan penambatan yang diberikan pada rel terhadap bantalan, yaitu:

- 1) Penambat kaku, yang terdiri dari mur dan baut namun dapat juga ditambahkan plat andas, biasanya dipasang pada bantalan besi dan kayu. Sistem perkuatannya terdapat pada klem plat yang kaku.
- 2) Penambat elastis, penggunaanya dibagi dalam dua jenis, yaitu penambat elastik tunggal yang terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, tirpon, mur dan baut. Dimana kekuatan jepitnya terletak pada batang

jepit elastik. Penambat elastik tunggal ini biasanya digunakan pada bantalan besi atau kayu.

Adapun jenis yang kedua adalah penambat elastik ganda yang terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit, alas rel, tirpon, mur dan baut. Kekuatan jepitnya terletak pada batang elastis dan biasanya digunakan pada bantalan beton. Penggunaan pada bantalan beton, tidak menggunakan pelat andas melainkan las karet (*rubber pad*) yang tebalnya disesuaikan dengan kecepatan kereta api. Pada umumnya, penambat elastik juga dapat dibedakan menurut daya jepit yang dihasilkan, yaitu daya jepit langsung, misalnya: *Pandrol*, *DE*, *Dorken*, *First BTR*. dan daya jepit tak langsung (dihasilkan oleh bantalan terhadap mur-baut atau tirpon), misalnya *F-type* dan *nabla*.



Sumber: hasil dokumentasi, 2022

Gambar III.6 Penambat pandrol



Sumber: hasil dokumentasi, 2022

Gambar III.7 Penambat DE clip

7. Rel

Jalan rel merupakan 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 fungsinya mengarahkan jalannya kereta api dan sebagai pijakan mengelindingnya roda kereta api dan meneruskan beban dari roda kereta api kepada bantalan. (Jaya dan Miswanto 2018)

Rel merupakan dimana roda dari kereta akan berpijak. Disinilah tegangan dari pergerakan dari beban kereta pertama kali akan diterima oleh struktur jalan rel. Tugas dari rel adalah meneruskan beban dari roda ke bantalan. Rel dibuat dari bahan logam yaitu baja, bentuk rel sendiri berupa profile yang terbagi secara umum menjadi 3 jenis yaitu rel kepala dua, rel alur, dan rel vignola. Rel berkepala dua rel vignola menyerupai rel berkepala dua namun memiliki kepala yang sesuai dengan kasut roda dan bagian kaki yang lebar sehingga stabil dan mudah ditambahkan.

Komponen rel sendiri terbagi menjadi 3 bagian yaitu bagian kepala rel, badan rel, dan kaki rel. Ketiga komponen itu memiliki tugasnya masing-masing. Kepala rel merupakan tempat berpijaknya roda dan akan memberi pengaruh terhadap kualitas perjalanan. Bagian badan rel dirancang untuk mampu menghasilkan kuat geser yang tinggi sedangkan untuk bagian kaki memberi kestabilan terhadap

guling. Bagian kaki rel juga berfungsi mendistribusikan gaya secara merata ke bantalan yang juga menjadi tempat bertambatnya rel. Menurut panjangnya rel dibagi menjadi 3, yaitu rel standar dengan panjang 25 meter, rel pendek yang merupakan penyambung dari beberapa rel standar dan memiliki panjang maksimum sebesar 100 meter. Penyambung rel ini bisa dilakukan pengelasan dan panjang dari rel disesuaikan dengan mempertimbangkan kemudahan pengangkatan ke lapangan. Selanjutnya dilapangan rel pendek itu akan disambung kembali menjadi rel panjang. Penyambung rel ini kembali dilakukan dengan pengelasan. Panjang minimum lebih besar dibandingkan dengan bantalan beton, hal ini berhubungan dengan pemuaian rel, gaya normal pada rel, dan gaya lawan pada bantalan.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam rel ini adalah kemungkinan kerusakan yang berupa keausan, terjadinya tekuk (*bucking*) pada rel, terjadinya rel patah dan pemuaian atau penyusutan pada bagian ujung rel. Semua hal tersebut harus diperhatikan karena dapat memberi dampak yang cukup berbahaya bagi perjalanan kereta api.

8. Drainase

Drainase jalan rel secara umum didefinisikan sebagai sistem pengaliran atau pembuangan air disuatu daerah jalan rel, baik secara gravitasi maupun dengan menggunakan pompa, agar tidak sampai terjadi genangan air.

Drainase pada jalan rel dibuat dengan maksud sebagai berikut:

- a. Agar tidak terjadinya genangan air pada jalan rel, sehingga tidak terjadi pengembangan tanah dan menghindari terjadinya pemompaan butir-butir halus atau *mud pumping*.
- b. Mencegah atau mengurangi pengaruh air terhadap konsistensi tanah, sehingga badan jalan rel tetap kokoh.
- c. Perjalanan kereta api tidak terganggu.

9. Pemeliharaan Jalan Rel

Pemeliharaan jalan rel merupakan kegiatan pengawasan, pemeriksaan dan perbaikan yang dilakukan oleh PT. Kereta Api Indonesia (KAI) untuk mempertahankan, memulihkan dan meningkatkan kualitas pelayanan jalan rel agar tetap dapat beroperasi. Pemeliharaan yang dilakukan oleh PT. Kereta Api terbagi atas dua kategori utama, yaitu pemeliharaan berkala dan perbaikan untuk mengembalikan fungsi (korektif).

Pemeliharaan berkala adalah tindakan pencegahan (preventif) yang terdiri dari pemeliharaan harian, bulanan dan tahunan. Pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi (korektif) dilakukan apabila komponen pada lintas jalan rel dianggap tidak lagi memenuhi atau dapat mengganggu operasional kereta api sehingga diperlukan perbaikan hingga penggantian ataupun penambahan komponen guna penyesuaian kebutuhan lintas operasi.

Tabel III.7 Siklus Pemeliharaan Harian

Item Perawatan	Alat	Frekuensi
1. Perawatan geometri		
a. Ruang Bebas	Meteran	1 hari
b. Sambungan		
- Pengencangan baut	Kunci Inggris	1 harian
- Penggantian baut yang hilang	Kunci Inggris	30 harian
- Pemeriksaan keretakan	Ultrasonic	30 harian
2. Perawatan Komponen Jalan Rel		
a. Sistem Penambat		
- Pengencangan penambat yang kendur	Penpuller/hammer	7 harian
- Penggantian penambat hilang	Penpuller/hammer	30 harian

Sumber: Peraturan Menteri No 32 Tahun 2011

Tabel III.8 Siklus Pemeliharaan Bulanan

Item Perawatan	Alat	Frekuensi
1. Perawatan Geometri		
a. Ruang bebas	Meteran	1 bulanan
b. Kelurusan dan kerataan Jalan rel. - Lebar Jalan, Kerataan, Kelurusan, Lengkung Vertical, Ruang Bebas, skilu	Water Pass, Alat Ukur Kelurusan, Theodolit, HTT, MTT, Dongkrak, Linggris, Alat Ultrasonic, Kereta angkutan basal/rel, Crane, Kerta Ukur, Alat Komunikasi	3 bulanan
c. Sambungan - Pemecokan, Angkutan, Listringan, Kerataan, Kelurusan	Kunci Inggris, Ultrasonic, HTT, Meteran, MTT, Dongkrak	6 bulanan
- Membuka, Mengukur aus dan memperbaiki plat sambung atas dan bawah		6 bulanan
d. Lebar Jalan KA - Listringan	Alat Ukur Lebar Jalan KA, HTT, MTT, Dongrak	6 bulanan
e. Lengkung - Lebar Jalan, Kerataan, Lengkung vetical, Ruang Bebas	Water Pass, Alat ukur kelurusan, kelurusan, Theodolit, HTT, MTT, Dongkrak, Linggris, Kereta Ukur, Alat Komunikasi	3 bulanan
2. Perawatan Komponen jalan rel		
a. Perawatan Rel - Pengerindingan, Kelurusan	Alat Ukur Suhu, Meteran, alat ukur profil rel, Ultrasonic	12 bulan
b. Perawatan Wesel - Lebar jalan, kertaan, kelurusan, Lengkung Vertikal, Ruang Bebas	Alat Ukur Suhu, Meteran, alat ubuv profil vertikal, Ultrasonic	12 bulan
c. Perawatan Bantalan - Listringan	Alat ukur lebar jalan KA, HTT, MTT, Dongkrak, Inggris	6 bulanan
- Mengatur jarak bantalan dan siku-siku		6 bulanan
d. Perawatan ballas - Pemecokan - Melengkapi profil balas	Water pass, alat ukur kelurusan, HTT, MTT, Dongrak, Inggris, Kereta ukur, Alat Komunikasi, VDM	
		6 bulanan
e. Perawatan sistem penambat	Penpuller/hammer	3 bulanan
3. Perawatan Drainase		
- Pengerukan		6 bulanan

Item Perawatan	Alat	Frekuensi
4. Perawatan Perlintasan		
a. Perlintasan Sebidang - Konstruksi perlintasan, batas drainase, angkatan, listringan, pemecokan	Water pass, Alat ukur kelurusan, Theodolit, HTT, Dongkrak, Linggris, Kereta Ukur, Alat Komunikasi	6 bulanan

Sumber: Peraturan Menteri No 32 Tahun 2011

Tabel III.9 Siklus Pemeliharaan Tahunan

Item Perawatan	Alat	Frekuensi
1. Perawatan Komponen Jalan Rel		
a. Perawatan Bantalan - Penggantian bantalan	PBR, VDM, Wter Pass, Alat Ukur kelurusan, Theodolit, HTT, MTT, Dongkrak, Linggris, Alat Ultrasomic, Kereta angkutan balas/rel, Crane	30 Tahun
2. Perawatan Ballas		
a. Pembersihan Balas	Alat pencucui balas PBR, VDM, Water Pass, Aat ukur kelurusan, Theodolit, HTT, MTT, Dongkrak, LINGGRIS, Alat Ultrasonic, Kereta angkutan balas/rel, Crane	
3. Perawatan Rel		
a. Penggerindaan Rel	Alat gerinda	5 Tahun
b. Penggantian Rel	Alat angkut rel, Alat pasang penambat	30 Tahun
4. Perawatan badan jalan		
a. Perawatan Counter - Weight Perawatan material		50 tahun
b. Perawatan dinding Penahan Tanah - Perawatan stabilitas		50 tahun
c. perawatan proteksi badan jalan - Perawatan konstruksi Proteksi		50 tahun
d. Perawatan Konstruksi Badan Jalan - Perawatan Stabilitas		50 tahun

Item Perawatan	Alat	Frekuensi
5. Perawatan Lingkungan		
a. Perawatan kondisi hidrologi sekitar		25 tahun
- Perawatan aliran hidrologi		
b. Perawatan kondisi Hidrolik sekitar		5 tahun
- Perawatan hidrolika		
c. Perawatan Konstruksi lain		25 tahun
- Perawatan kondisi konstruksi		

Sumber: Peraturan Pemerintah No 32 Tahun 2011

10. Jenis-jenis pekerjaan pemeliharaan jalan rel

Pekerjaan pemeliharaan dan perawatan jalan rel intinya adalah:

- a. Memelihara dan merawat material komponen jalan rel.
Kondisi material komponen jalan rel yang terdiri dari rel, alat penambat, bantalan dan balas harus selalu terpelihara dengan baik agar dapat mencapai umur ekonomisnya.
- b. Memelihara dan merawat geometri jalan rel
Kondisi geometri jalan rel terutama kedudukan rel kanan/rel kiri, lestrengan spur lurus/ lengkungan dan lebar spur harus selalu terpelihara dengan baik, agar perjalanan kereta api dapat mencapai puncak kecepatan maksimum yang diizinkan dengan aman dan nyaman.

11. *Track Quality Index*

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. (Kristian dan Roesdiana 2016)
Tahap pengukuran pada kondisi eksisting dapat dilakukan setelah mendapatkan hasil dari nilai analisa *Track Quality Index* (TQI) dengan nilai kategori jelek. Pada lokasi terjelek akan dilakukan

pengukuran kondisi geometri dengan bantuan alat ukur manual yang dapat mengukur beda tinggi dan jarak. (Fistcar, et al. 2020)

TQI atau *track quality index* adalah suatu nilai yang didapat dari pengukuran kereta api ukur. Nilai ini dapat menunjukkan keadaan track apakah sangat baik, baik, buruk atau sangat buruk. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas jalan rel di lintas tersebut, evaluasi ini bertujuan sebagai *indicator* keberhasilan perawatan dan penyempurnaan system perawatan agar saling berkesinambungan dan menghasilkan kualitas jalan yang lebih baik. Tujuan evaluasi bukan untuk menilai kinerja suatu unit atau perorangan, melainkan untuk menghasilkan gambaran kualitas jalan rel yang sesuai dengan tujuan perawatan.

Tabel III.10 Kategori TQI

KATEGORI	TQI	KECEPATAN	KETERANGAN
1	<20	$100 < V < 120$	Sangat baik
2	20 - 35	$80 < V < 100$	Baik
3	35 - 50	$60 < V < 80$	Buruk
4	> 50	$V < 60$	Sangat buruk

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang

Parimeter untuk hasil pengukuran yang dibutuhkan dalam nilai *Track Quality Index* adalah pertinggian jalan rel, angkatan, listringan dan lebar jalan rel.

Permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*) dapat mempengaruhi nilai TQI tersebut, ketika permasalahan pemompaan lumpur itu terjadi maka akan berdampak pada nilai TQI yang akan menurun atau menjadi jelek.

12. *Passing Tonnage*

Perawatan jalan rel dimulai dengan menghitung siklus perawatan-perawatan menyeluruh yang di tentukan berdasarkan beban lintas yang melewati suatu koridor dalam periode satu tahun (daya angkut lintas). (Jaya dan Miswanto 2018)

Table III.11 Kategori Kelas Jalan Rel Dan Daya Angkut Lintas

Berdasarkan Perhitungan Sesuai Dengan Pm No. 60 Tahun 2012		
Kelas Jalan I	$> 20 \times 10^6$	Ton/Thn
Kelas Jalan II	$10 \times 10^6 - 20 \times 10^6$	Ton/Thn
Kelas Jalan III	$5 \times 10^6 - 10 \times 10^6$	Ton/Thn
Kelas Jalan IV	$2,5 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	Ton/Thn
Kelas Jalan V	$< 2,5 \times 10^6$	Ton/Thn

Sumber: Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012

E. Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*)

Bahan material penyusun balas ini adalah batu pecah (agregat) dengan ukuran bergradasi yang dihamparkan dan dipadatkan bersamaan dengan lapisan sub-balas hingga membentuk struktur yang padat di atas tanah dasar yang sebelumnya telah dipadatkan. (Ariyanto dan Setiawan 2022)

kondisi rel yang tidak baik (kondisi ballast, bantalan, dan alat penambalan yang tidak baik), terjadi genjotan track, keadaan wesel rel yang tidak baik, dan kehausan pada kop rel merupakan beberapa masalah yang sering muncul. (Handayani dan Triyatno 2020)

Jalan kereta api umumnya dibangun di atas subgrade yang memiliki daya dukung tinggi agar dapat menahan beban dan mencegah penurunan ballast sehingga rel tetap pada tempatnya. (Arisikam, Purwadinata dan Mulyawati 2022)

Faktor terjadinya kecelakaan jalan kereta api bermacam-macam misalnya anjlog. Jalan kereta api merupakan kontruksi dari batu, pasir, bantalan hingga batang rel memerlukan pemeliharaan yang terus menerus karena ballast yang menopang bantalan dan rel mudah berubah strukturnya akibat alam ataupun manusia. (Yureina 2021)

Ballast dapat dikotori oleh material yang timbul oleh: gesekan ballast dan bantalan, infiltrasi dari lapisan tanah dasar atau subballast (misalnya pemompaan lumpur) dan masuknya dari permukaan balast (misalnya debu batu bara, pasir gurun). (Hudson, et al. 2016)

Mud pumping merupakan suatu kondisi dimana terjadinya air yang terperangkap didalam tubuh badan jalan rel, atau biasa di sebut dalam bahasa sehari-hari yaitu Pemompaan Lumpur.

Penyebab terjadinya *mud pumping* (Pemompaan Lumpur) dikarenakan ballas yang tidak bisa meneruskan air bawah tubuh badan jalan rel. Sehingga menyebabkan air tersebut terperangkap di tubuh badan jalan rel. Dan jika terus dibiarkan maka akan mengakibatkan lapisan sub ballas jenuh dan akan menyebabkan ballas bercampur dengan sub ballas (pasir). Kondisi ini ditambah dengan debu dan sampah yang juga menutupi rongga membuat beban yang diterima tidak dapat terdistribusi dengan merata lagi sehingga membuat bagian yang sudah "mati" tersebut yang pada akhirnya tanah dasar pada bagian tersebut akan merosot membentuk kantung ballas.

Terjadinya kantung ballas akan terjadi semakin cepat jika sedang musim hujan, karena pengaruh dari air yang sangat besar dalam mempercepat kerusakan. Selain dari air hujan ataupun air permukaan dari luar permukaan, air tanah pun dapat mempengaruhi kantung ballas.

Jika kantung ballas sudah terjadi maka potensi kerusakan pada seluruh struktur jalan rel akan menjadi semakin besar. Secara perlahan jika tidak segera ditangani kantung ballas akan semakin parah dan membesar. Hal ini terjadi karena tekanan yang ada dari ballas beserta air akan terus menekan tanah dasar kearah dalam dan samping sehingga ketika sudah sampai pada limitnya keseluruhan struktur akan ambles. Penyebabnya adalah adanya anjlokkan kereta api.

Pengaruh permasalahan ini atau dampak buruk dari permasalahan Pemompaan Lumpur ini bisa mengakibatkan terganggunya operasional kereta api seperti terjadi goyangan, anjlogkan, genjotan yang berlebih pada kereta api yang melintas dan jika tidak segera di tangani maka akan mengakibatkan penurunan kualitas jalan rel.

Cara mengatasi atau penanganan *mud pumping* (Pemompaan Lumpur) tersebut bisa dengan mengganti ballas yang kotor dan bercampur tanah tersebut atau pasir dengan ballas yang baru dan melakukan angkat listring dan menguras Pemompaan Lumpur di area tersebut.

Cara mengetahui suatu titik pada jalan rel tersebut terdapat *mud pumping* (Pemompaan Lumpur) bisa dilakukan dengan cara petugas

ikut berjalan di dalam lokomotif untuk melakukan pengamatan pada jalur rel, bisa juga dengan cara petugas melakukan pengamatan dengan cara ikut berjalan di atas kereta yang bertujuan untuk mengamati kondisi operasional kereta nya seperti mengamati alat perangkainya atau bisa dilakukan dengan cara visual berjalan kaki.



Sumber: hasil dokumentasi, 2022

Gambar III.8 Pemompaan Lumpur di KM 32+500 s/d 32+600 lintas Serpong-Cisauk

Kotoran pada balas dapat terakumulasi dari tiga sumber utama (PT. KAI 2012):

1. Dari gangguan lapisan alas jalan, dimana partikel dari lapisan alas jalan yang lemah atau yang mengalami tekanan beban berlebihan terdesak ke atas ke arah ballast (atau ballast terdesak ke lapisan alas jalan).
2. Dari abrasi internal dan proses cuaca yang merubah partikel ballast menjadi remahan dan bubuk.
3. Dari gangguan luar – debu yang tertiuap angin dari ladang atau daerah berpasir, jatuhnya batu bara dari kendaraan, butiran atau granular lainnya, pasir dari lokomotif (biasanya menyebar di antara roda dan rel), dan sebagainya (bunga api dari lokomotif uap, sumber penyebab yang sekarang tak ada lagi). Luapan dari selokan berisi angin dapat menyimpan sedimen pada ballast.

13. Proses Terjadinya *Mud Pumping*

a. Tahap Pertama

Balas tenggelam ke tubuh badan jalan rel yaitu ke subbalas. Butir-butir balas tenggelam ke bawah tertekan oleh beban kereta api melalui rel dan bantallan. Apabila tubuh badan jalan rel kuat dan kokoh maka bidang sentuh antara subbalas dengan balas akan mengembang akibat butir-butir balas tenggelam, tetapi karena subbalas terdapat genangan air yang diakibatkan oleh drainase yang kurang baik maka proses tenggelamnya butir-butir balas akan berkelanjutan sehingga kekuatan sub balas makin lama makin merosot.

b. Tahap Kedua

Lumpur memasuki rongga diantara butiran balas. Sedikit demi sedikit balas akan terdesak masuk ke tubuh badan jalan rel yaitu subbalas, sedangkan butiran subbalas dengan sendirinya akan tergeser oleh butiran balas. Lumpur yang memang merupakan sebagian tubuh badan jalan rel akan terdesak naik ke dalam rongga balas. Dengan seiringnya kereta api yang melintasi daerah tersebut maka dengan cepat lumpur akan naik ke balas apalagi pada tubuh badan jalan rel yang sudah terdapat banyak air sehingga tekanan pori pori air bertambah kuat untuk menimbulkan desakan dan udara mendorong lumpur ke atas.

c. Tahap Ketiga

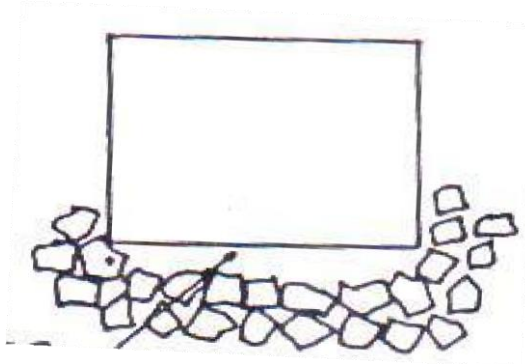
Peristiwa *mud pumping* saat balas tenggelam ke dalam tubuh badan jalan rel timbulah rongga-rongga hampa udara dan bantalan mengapung dan mengembang. Akibat dari hal tersebut menyebabkan subbalas menerima tekanan akibat beban dari atas. Akibat dari hal tersebut sub balas merosot turun dan balas terdesak masuk ke subbalas membuat cekungan atau kantong balas. Kantong balas pada subbalas yang terdapat air menimbulkan suatu tekanan negatif, tekanan negatif inilah yang menghisap lumpur. Kemudian lumpur naik ke atas ketika beban kereta api melintasi daerah tersebut. Jika peristiwa tersebut

terus terjadi maka lumpur akan naik sampai kepermukaan atas balas hingga menimbulkan *mud pumping*.

14. Proses Terjadinya Kantung Ballas

a. Tahap Pertama

Kedudukan bantalan yang mengambang sehingga terbentuk rongga, yang pada saat dilewati kereta api tekanan pori akan naik.

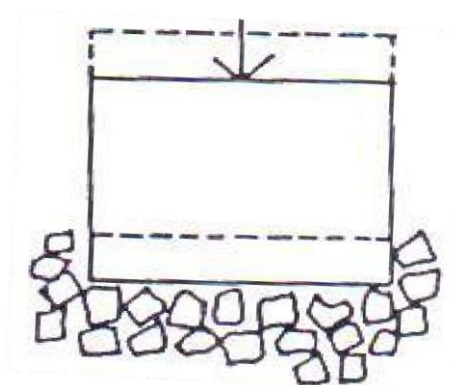


Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.9 Proses terjadinya rongga antara bantalan dengan balas

b. Tahap Kedua

Selanjutnya akibat terkena beban kereta api yang lewat, tekanan pori akan naik keatas.

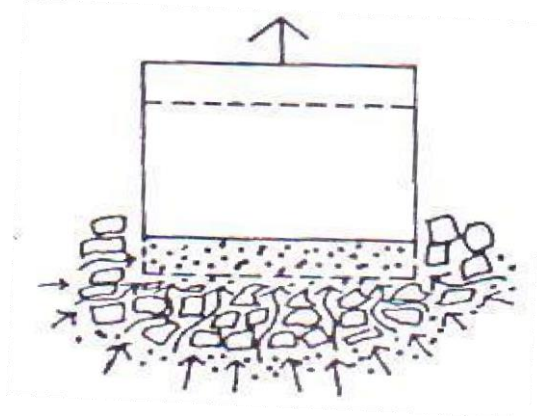


Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.10 proses terjadinya bantalan mengalami penurunan

c. Tahap Ketiga

Kemudian setelah dilewati oleh roda kereta api atau bebannya sudah lepas maka partikel-partikel halus dari tanah dasar tersedot masuk ke rongga.

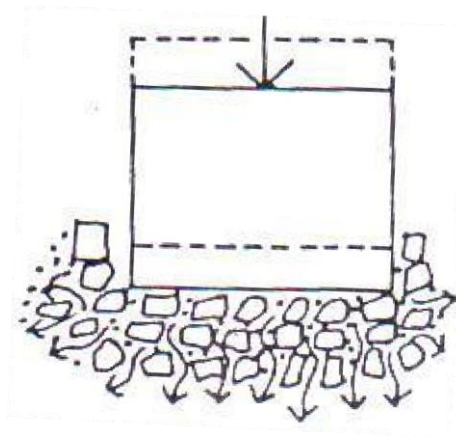


Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.11 proses terjadinya bantalan mengambang

d. Tahap Keempat

Pada saat terbebani kembali partikel-partikel halus yang ada dalam rongga tersebut akan didesak masuk ke sela-sela bahan balas.



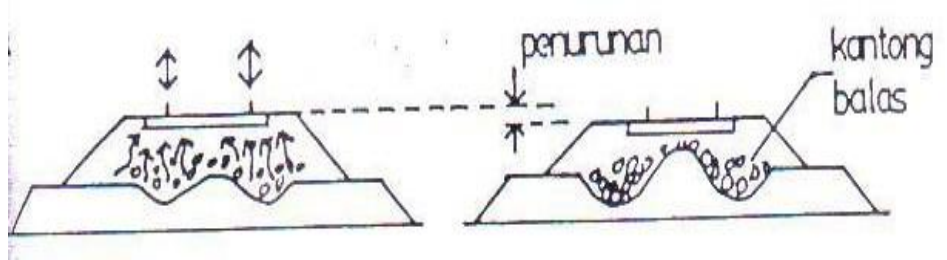
Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.12 proses terjadinya bantalan mengalami tekanan

e. Tahap Kelima

Peristiwa tersedotnya partikel-partikel tanah dasar tersebut akan mengakibatkan balas turun menerobos tanah dasar, yang

kemudian dapat mengakibatkan terbentuknya kantong balas, seperti gambar berikut:



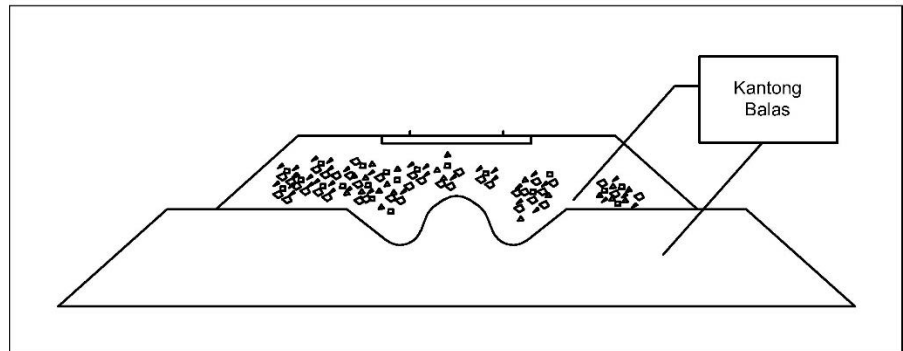
Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.13 proses terjadinya penurunan tubuh badan jalan rel

Apabila proses terbentuknya *mud Pumping* tersebut berkelanjutan dan tidak segera ditangani, maka kantong balas akan semakin melebar dan mengakibatkan keruntuhan jalan rel atau terjadinya amblesan.

15. Terjadinya Keruntuhan Jalan Rel Akibat Kantong Balas

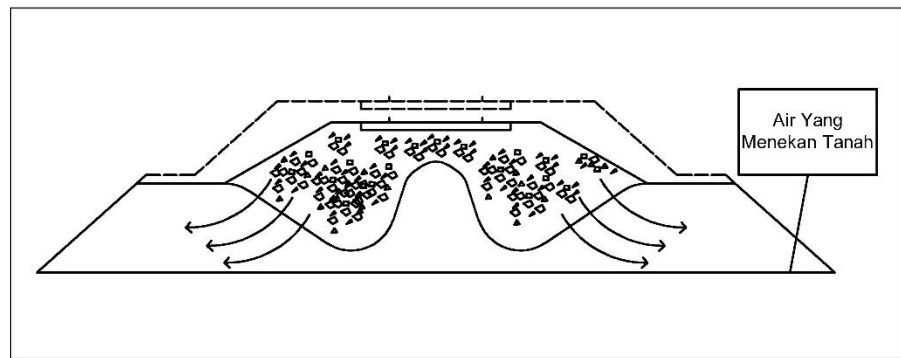
- a. Proses terbentuknya kantong balas tersebut jika tidak segera diberi penanganan maka, kantong balas tersebut akan menjadi semakin dalam dan menjadi melebar.



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III. 14 Terjadinya Kantong Balas

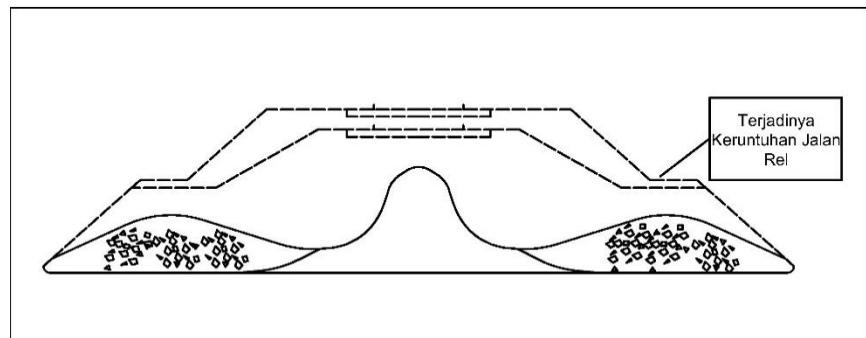
- b. Air yang ada di dalam kantong balas tersebut akan terjadi penekanan pada tanah sekelilingnya. Dan akan mengakibatkan balas akan semakin menurun kebawah.



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.15 Terjadinya Tekanan Dari Air Ke Tanah

- c. Demikian seterusnya dan sewaktu tahanan geser tanah maksimum sudah terlampaui maka akan terjadi runtuh pada jalan rel tersebut.



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar III.16 Terjadi Keruntuhan Tanah Dasar Akibat Tekanan Air

16. Dampak Dari Terjadinya *Mud Pumping*

- a. Dengan terdapatnya pemompaan lumpur (*mud pumping*) pada jalan rel kereta api maka mengakibatkan ketidak nyamanan perjalanan kereta api yaitu terjadinya genjotan atau goyangan yang terjadi saat kereta api melewati pada lintas tersebut.
- b. Pemompaan lumpur (*mud pumping*) bisa juga mengakibatkan perbedaan geometri jalan rel atau perbedaan tinggi rel (skilu), yang bisa mengakibatkan keruntuhan jalan rel. Sehingga bisa

membahayakan keselamatan perjalanan kereta api dan dapat menimbulkan anjlogan.

- c. Berkurangnya kekenyalan pada balas bisa berakibat buruk pada kereta disebabkan kekenyalan yang kecil maka setiap getaran dan hentakan kereta api akan sangat terasa hingga bisa mengganggu kenyamanan dan juga bisa mengakibatkan kerusakan lain pada bantalan, rel, maupun kereta.

F. Geosintetik

Penggunaan geotextile yang paling umum digunakan adalah pada stabilisasi tanah, perkuatan tanah timbunan, perkuatan lapis perkerasan jalan, dan perkuatan rel kereta api. (Mangngi, Tanijaya dan Tonapa 2021)

Jenis geotekstil yang banyak digunakan adalah jenis woven dan nonwoven. Woven geotextiles adalah suatu bahan seperti kain yang dibentuk dengan ditenun. Non woven dibuat dengan 100 persen polypropylene. (Ndale 2019)

Terdapat beberapa cara untuk menangani permasalahan pemompaan lumpur atau pengaruh buruk air terhadap struktur jalan rel. Beberapa cara yang bisa diterapkan yaitu dengan cara *Geosintetik* dan *Eastern Region*. Kedua metode ini memiliki trick yang sama yaitu dengan melakukan pembatasan antara ballas dengan lapisan tanah dasar. Hal ini bermanfaat untuk mencegah terjadinya rembesan muka air tanah ke ballas dan juga untuk mencegah kedua lapisan ini mengalami pencampuran bahan yang mana adalah penyebab awal terjadinya kantung ballas. Perbedaannya adalah pada lapisan pembatasnya, untuk *Geosintetik* menggunakan *Geosintetik* filter sedangkan untuk *Eastern Region* menggunakan seng bergelombang.

Geosintetik merupakan serat sintetis untuk membantu meloloskan air. Geosintetik meliputi *Woven* (tenun) dan *Non Woven* (tidak ada tenun). Tenun dibuat dari '*interlaying*' pada benang-benang lewat sistem tenun, tengah *Non Woven* dibuat dari beberapa sistem seperti *heat bonded* (dengan panas), *needle punched* (dengan jarum), dan *chemical bonded* (menggunakan bahan kimia).

Geosintetik itu sendiri mempunyai 2 jenis yaitu:

a. *Woven Geotextile*

Woven Geotextile merupakan lembaran *Geotextile* yang terbuat dari bahan serat sintetis tenunan dengan menambahkan pelindung anti ultra violet yang memiliki keahlian tarik yang cukup tinggi, yang dibuat untuk mengatasi masalah untuk perbaikan tanah terlebih yang terkait pada sisi teknik sipil dengan efisien dan efektif, salah satunya untuk mengatasi dan menanggulangi masalah pembuatan jalan atau timbunan pada *basic* tanah lunak, tanah rawa.



Gambar III.19 Bentuk bahan Woven Geotextile

b. *Non Woven Geotextile*

Geotextile (Geotekstil) Non Woven, dapat disebut juga *Filter Fabric* (pabrik) merupakan tipe *Geotextile* yang tidak teranyam, berbentuk menyerupai karpet kain. Biasanya bahan dasarnya terbuat dari *Polymer Polyesther* (PET) atau *Polypropylene* (PP).



Gambar III.20 Bentuk bahan Non Woven Geotextile

Fungsi geosintetik:

- 1) Perkuatan (*Reinforced*): sebagai kekuatan tanah dan perataan beban.
Contoh: untuk perkuatan lereng, perkuatan tanah dasar timbunan tanggul, jalan, lapangan parkir, *run away*.
- 2) Separator (*Separation*): untuk mencegah bercampurnya agregat pilihan dengan lapisan asli tanah lunak.
Contoh: sebagai pemisah antara lapisan tanah lunak dengan lapisan batu pecah badan jalan.
- 3) Drainase (*Drainage*): untuk mengalirkan air baik secara horisontal ataupun secara vertikal.
Contoh: geosintetik untuk vertikal drain.
- 4) Filtrasi (*Filtration*): sebagai pelindung dimana air bisa melewati bahan ini tetapi bahan tersebut dapat menahan butiran-butiran tanah.
Contoh: pada struktur tebing pelindung pantai.
- 5) Penahan Cairan (*Containment*): sebagai penahan air.
Contoh: pada bangunan embung, pelapis tanggul sungai, tempat pengolahan limbah berbahaya.

17. Peralatan yang digunakan untuk Permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*) Menurut PM No. 32 Tahun 2011 tentang SOP perawatan yaitu:

a. Alat-Alat yang Digunakan

- 1) Gorekan 4 buah
- 2) Pengki 2 buah
- 3) Mesin pecok manual 1 buah
- 4) Balas cleaning 2 buah
- 5) Alat pengangkut balas 1 buah

b. Personil yang dibutuhkan

- 1) Mandor 1 orang
- 2) Operator HTT 1 orang
- 3) Pekerja 8 orang

c. Tata cara perawatan

- 1) Melakukan penambahan balas di lokasi yang kurang balas
- 2) Menyempurnakan profil balas
- 3) Melakukan pencucian pada balas yang kotor
- 4) Melakukan penggantian balas jika mencapai umur ekonomis

BAB IV

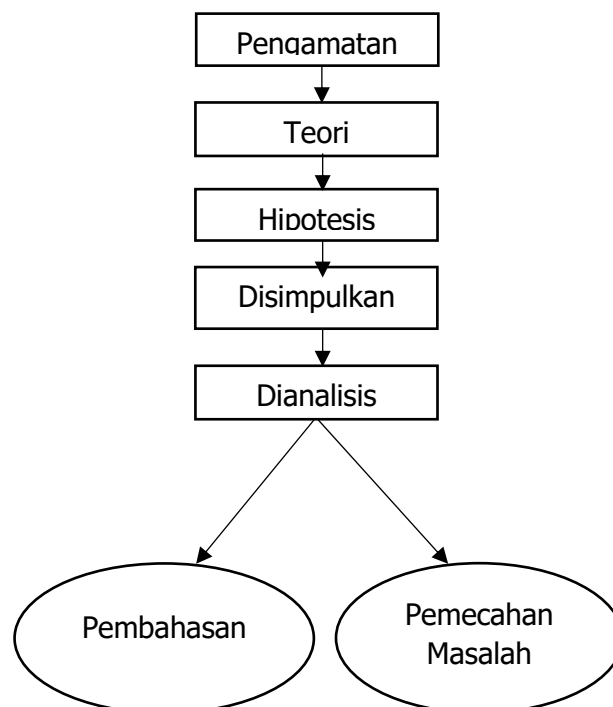
METODELOGI PENELITIAN

A. Alur Pikir

Alur pikir penelitian adalah metode logika berfikir penulis dalam memecahkan masalah dan penulis memberikan visualisasi sederhana agar pemecahan masalah fokus, konsisten dan tidak menambah kerumitan.

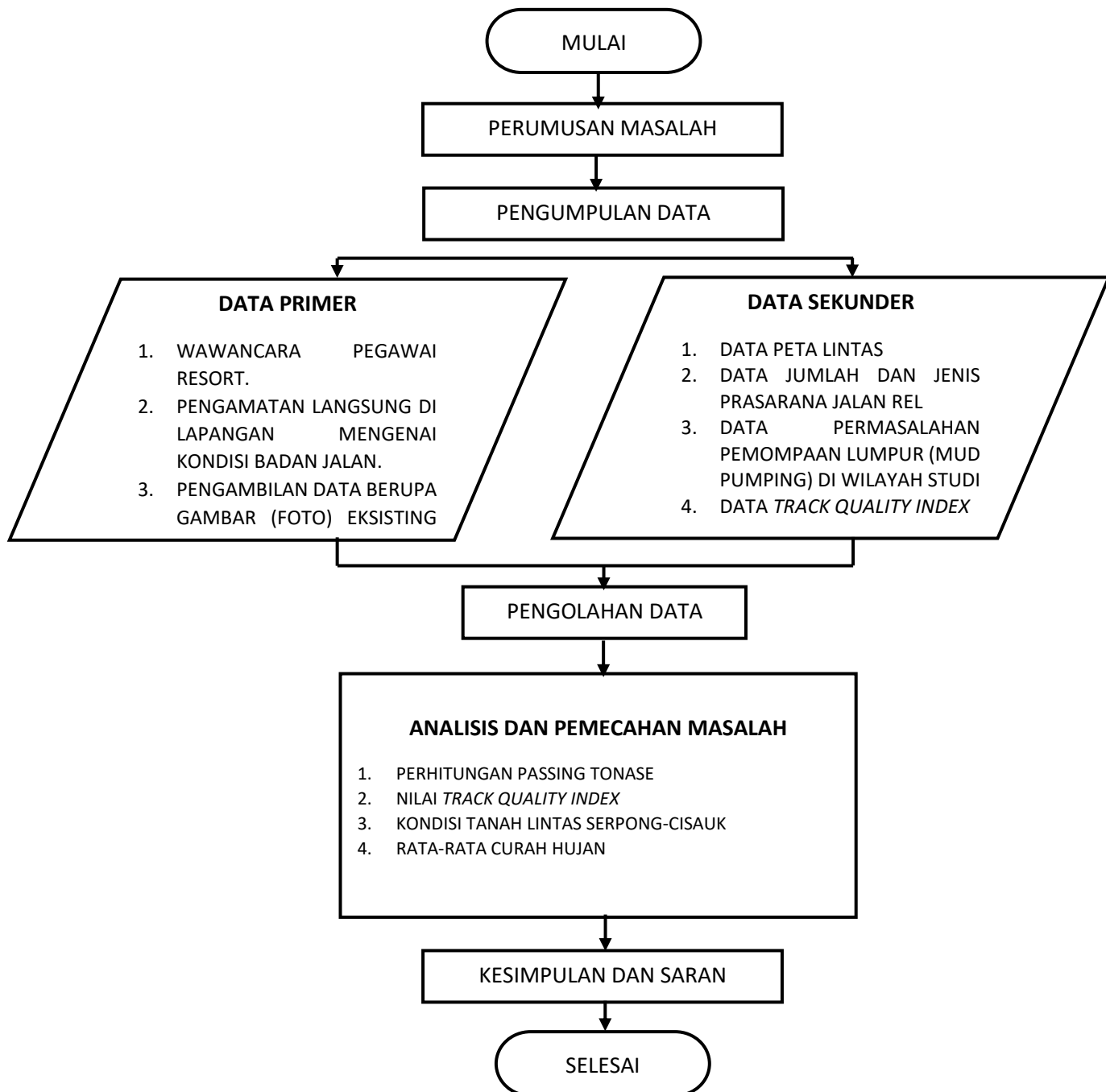
Dibawah merupakan alur pikir dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menetapkan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, serta batasan penelitian.
2. Mengumpulkan data skunder dan data primer terkait permasalahan yang ada untuk mendukung jalannya penelitian.
3. Melakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh guna menemukan penyelesaian terhadap permasalahan yang ada.
4. Memberikan rekomendasi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.
5. Menetapkan kesimpulan dan saran dari hasil analisis dan penyelesaian permasalahan yang telah dilakukan.



B. Bagan Alur Pikir

metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian kualitatif. Metode penelitian kualitatif merupakan pendekatan yang temuan-temuan penelitiannya tidak diperoleh melalui prosedur statistik atau bentuk perhitungan lainnya, prosedur ini menghasilkan temuan-temuan yang diperoleh dari data-data yang dikumpulkan dengan menggunakan beragam sarana.



C. Jenis dan Sumber Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan cara pengambilan data sekunder maupun data primer.

1. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari data yang sudah ada di resort jalan rel dan jembatan parungpanjang.

Data sekunder tersebut diantaranya adalah:

- a. Data peta lintas Serpong-Cisauk
- b. Data jumlah dan jenis prasarana jalan rel di lintas Serpong-Cisauk
- c. Data kondisi permasalahan jalan rel di lintas Serpong-Cisauk
- d. Data Permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*)
- e. Data TQI

2. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil observasi atau survey secara langsung ke lapangan mengenai kondisi eksisting badan jalan rel yang terjadi permasalahan pemompaan lumpur. Data yang di dapat adalah sebagai berikut:

- a. Wawancara dengan pegawai resort jalan rel pada lintas Serpong-Cisauk.

Wawancara dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses permasalahan jalan rel itu bisa terjadi dan cara penanganannya.

- b. Pengamatan langsung di lapangan mengenai kondisi Badan Jalan.

Pengamatan ini bertujuan untuk melakukan pengamatan terhadap kondisi badan jalan yang mengalami permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*).

- c. Pengambilan data berupa gambar (foto) eksisting pada wilayah studi petak jalan Serpong-Cisauk.

Target data yang akan didapat dari survei inventarisasi jalan rel ini adalah untuk mengetahui secara fisik kondisi prasarana jalan rel pada lintas tersebut.

Adapun untuk persiapan-persiapan survei adalah:

- a. Peralatan dan perlengkapan survei
- b. Penentuan lokasi survei
- c. Pelaksanaan survei

Metodologi yang digunakan dalam survei ini adalah melihat secara langsung kondisi prasarana jalan rel lintas Serpong-Cisauk. Data yang didapat dari survei inventarisasi prasarana jalan rel adalah data kondisi fisik diantaranya data lebar sepur, data kondisi badan jalan, data kondisi rel, data kondisi alat penambat, data kondisi bantalan, data kondisi balas. Survei inventarisasi prasarana jalan rel dalam penulisan Kertas Kerja Wajib ini yang berlokasi pada lintas Serpong-Cisauk pada wilayah resort 1.21 Parungpanjang.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau metode pengumpulan data adalah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik Observasi Langsung dan Wawancara.

Teknik Observasi Langsung merupakan teknik dengan melakukan pengamatan dan pencatatan gejala langsung pada objek yang berada pada tempat kejadian yang akan dilakukan penelitian. Pengamatan ini bertujuan untuk melakukan pengamatan terhadap kondisi badan jalan yang mengalami permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*) dan bagaimana penyebab dan proses terjadinya permasalahan pemompaan lumpur (*Mud Pumping*) tersebut.

Wawancara merupakan teknik dengan cara mengajukan pertanyaan kepada responden langsung. Penulis menggunakan teknik Wawancara ini dimana penulis ingin mengetahui bagaimana proses permasalahan jalan rel itu bisa terjadi dan cara penanganannya.

E. Metode Analisa Data

Metode Analisis yang digunakan adalah analisis kualitatif. Metode analisis ini merupakan metode dengan menggunakan wawancara dan observasi dengan menjawab pertanyaan seperti apa, mengapa, atau bagaimana.

Data-data yang dianalisa dengan metode ini berupa teks atau narasi. Metode ini memerlukan pendekatan dari data yang sifatnya lebih subjektif. Metode analisis kualitatif adalah metode pengolahan data secara mendalam dengan data dari hasil pengamatan, wawancara, dan literatur. Kelebihan metode ini adalah kedalaman dari hasil analisisnya. Di sisi lain, inilah nilai lebih dari metode analisis kualitatif, dimana si analis memainkan peran penting dalam proses analisis sebagai bagian dari alat penelitian. Adapun analisis data yang akan disajikan meliputi:

1. Perhitungan passing tonase

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa beban lintas yang diterima pada lintas yang dilakukan penelitian dalam 1 tahun.

Rumus menghitung Passing Tonage:

$$T = 360 \times S \times TE$$

Keterangan:

T = Beban Lintas

S = 1,1 (untuk lintas kereta penumpang dengan Vmax 120 km/jam)

TE = Koefisien Beban dan Kualitas Lintas

$$TE = Tp + (Kb \times Tb) + K1 \times T1$$

Keterangan:

Tp = Berat Rangkaian KA Penumpang (ton/hari)

Kb = Koefisien Beban (1,5 Untuk beban gandar < 18 ton)

Tb = Berat Rangkaian KA Barang (ton/hari)

K1 = Koefisien Kualitas Lintas (1,4)

2. Nilai *Track Quality Index*

Data TQI ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana nilai *Track Quality Index* jika terjadi permasalahan jalan rel.

3. Kondisi tanah di lintas studi

Bertujuan untuk mengetahui jenis tanah apa yang terdapat pada lintas studi dan pengaruh jenis tanah tersebut terhadap badan jalan.

Tabel IV.1 Prosedur Cepat Pemeriksaan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Prosedur Pemeriksaan Visual
Tanah berbutir kasar	Bila digosok-gosok diantara jari terasa kasar
a. Pasir (butiran 0.06-2 mm)	- Lepas (<i>loose</i>) dapat digali dengan cethok, kayu 50 mm dapat dicobloskan dengan mudah.
b. Kerikil (butiran 2-60 mm)	- Padat (<i>dense</i>) menggali perlu cangkul, kayu 50 mm sulit dicobloskan. - <i>Slightly cemented</i> dicangkul gumpalan yang bisa dihancurkan dengan tangan
Tanah berbutir halus	Diperiksa dengan: <i>dry strength</i> (kekuatan kering), kekenyalan (<i>toughness</i>) & <i>dilatancy</i> (pemisahan butiran). Cara: ➤ Butiran kasar diambil/dibuang ➤ Tanah basah diaduk-aduk dengan tangan (kadar air sedikit diatas batas plastis)
a. Lanau	- Lunak/lepas (<i>soft/loose</i>) mudah dihancurkan dengan jari tangan - kaku/padat (<i>firm/dense</i>) dapat dihancurkan dengan tekanan yang kuat dengan jari tangan
b. Lempung	- sangat lunak (<i>very soft</i>) jika ditekan dalam genggaman keluar disela-sela jari. - Lunak (<i>soft</i>) mudah diremas-remas jari - Kenyal (<i>firm</i>) bisa diremas dengan tekanan jari yang kuat - Kaku (<i>stiff</i>) tak bisa diremas dengan jari, jika ditekan dengan ibu-ibu jari membekas - <i>Very stiff</i> ditekan dengan kuku ibu jari membekas
Tanah Organik	a. Kenyal (<i>firm</i>): serat-serat tumbuhan tampak jelas b. Bau busuk c. <i>Spongy</i> : sangat kompresibel dan struktur terbuka d. Plastis: bisa diremas ditangan dan lengket dijari e. Warna biasanya: coklat tua, abu-abu tua, abu-abu kebiruan f. "peat": - mayoritas pengusun lapukan tanaman ➤ Warna: coklat tua-hitam ➤ Bau busuk jelas

Sumber: Definisi Tanah, Ir. Sri Hetty S, M.Eng, 2019

4. Rata-rata curah hujan di lintas studi

Data curah hujan ini bertujuan untuk mencari tahu berapa rata-rata curah hujan yang terjadi pada lintas studi selama 2 tahun terakhir.

F. Lokasi Dan Jadwal Penelitian

Lokasi penelitian ialah suatu tempat atau daerah studi dimana penelitian ini dilakukan. Dalam hal ini, lokasi penelitian dilakukan di wilayah Resort Jalan Rel dan Jembatan 1.21 Parungpanjang dengan mengambil lintas Serpong-Cisauk.

Jadwal pelaksanaan penelitian dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan dan Magang.

Waktu penelitian dilakukan dari tanggal 2 Juni 2022-17 Juni 2022 dengan bimbingan penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) terhitung sejak tanggal 4 Juli 2022.

Tabel IV. 2 jadwal penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Pelaksanaan PKL						
2	Pelaksanaan Magang						
3	Pembagian Dosen Pembimbing						
4	Pengajuan Judul						
5	Persetujuan Judul						
6	Bimbingan KKW						
7	Pengumpulan Draft KKW						
8	Sidang KKW						

Sumber: hasil peninjauan, 2022

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

A. Analisa data

1. Perhitungan Passing Tonase

Salah satu faktor terjadinya *mud pumping* adalah karna balas yang mati. Balas mati disebabkan karna gesekan antar balas yang terjadi karna beban berulang yang diterima balas dari beban kereta yang lewat.

Contoh perhitungan beban lintas pada lintas serpong-cisauk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TE &= (375 \times 86) + 1,5 \times (300 \times 4) + 1,4 \times (88 \times 4) \\ &= 32.250 + 1,5 (1.200) + 1,4 (352) \\ &= 32.250 + 1800 + 492,8 = 34.542,8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 360 \times 1,1 \times 34.542,8 \\ &= 13.678.948,8 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

$$= \mathbf{13,7 \times 10^6 \text{ Ton/tahun (kelas II)}}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa daya angkut lintas yang terdapat pada jalan rel lintas Serpong-Cisauk yaitu $13,7 \times 10^6$ Ton/tahun.

2. Nilai *Track Quality Index*

Permasalahan *mud pumping* bisa mempengaruhi kualitas jalan rel atau nilai TQI menjadi buruk dikarenakan *mud pumping* ini bisa menyebabkan permasalahan lain seperti perbedaan geometri jalan rel dan keruntuhan jalan rel juga.

Untuk mengetahui keadaan lintas serpong-cisauk memerlukan hasil nilai TQI, berikut merupakan data TQI pada lintas serpong-cisauk:

Table V.1 Nilai *Track Quality Index* Resort 1.21 Parungpanjang

Resort	Antara	KM/HM	Jalur	Panjang Terukur (km)	Panjang Berdasarkan Kategori Kualitas				TQI
					Kat. 1 $Q < 20$ (km)	Kat. 2 $20 < Q < 35$ (km)	Kat. 3 $35 < Q < 50$ (km)	Kat. 4 $Q > 50$ (km)	
1.21 Parung panjang	Thb-Mer	30+203 s/d 33+000	Hulu	2,797	0,564	1,930	0,256	0,043	35,45
TQI					15,46	26,19	42,96	57,2	

Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Dari data diatas menunjukkan bahwa nilai TQI lintas Serpong-Cisauk adalah kategori buruk yaitu 35,45 dengan batas kecepatan $60 < V < 80$ km/jam, Berdasarkan perhitungan pada nilai *Track Quality Index* lintas Serpong-Cisauk maka dapat disimpulkan dampak dari Permasalahan Pemompaan Lumpur (*Mud Pumping*) ini yaitu dapat mempengaruhi nilai pada TQI tersebut, ketika permasalahan pemompaan lumpur itu terjadi maka akan berdampak pada nilai TQI yang akan menurun atau menjadi buruk.

3. Kondisi tanah di lintas Serpong-Cisauk

konstruksi jalan rel kereta api yang cukup panjang tidak hanya berada di atas atau melewati tanah keras, akan tetapi juga terdapat jalan rel kereta api yang berada di atas tanah lunak. Mengingat beban kereta yang cukup berat dan kecepatan kereta yang melebihi 50% dari kecepatan gelombang tanah, menyebabkan defleksi atau penurunan pada lintasan jalan rel kereta api di atas tanah lunak. Hal tersebut mengakibatkan jalan rel kereta api di atas tanah lunak cepat mengalami kerusakan dan tidak dapat bertahan lama. (Aulia, et al. 2022)

untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah biasanya dilakukan terlebih dahulu penelitian laboratorium terhadap tanah tersebut. Dan untuk mengetahui hal tersebut perlu dilakukan pengujian terhadap tanah tersebut. Dari hasil pengujian biasanya didapatkan nilai fisik tanah berupa nilai kepadatan tanah, berat volume (γ), kadar air (w), nilai

plastisitas tanah, persentase saringan dan juga parameter lainnya. (Cahyono dan Rifa'i 2018)

Untuk mengetahui kondisi tanah pada lokasi penelitian bisa dilakukan dengan cara penyelidikan. Penyelidikan tanah dikhususkan untuk mengetahui jenis dan sifat parameter tanah. Pengamatan pada tanah mempunyai dua cara, yaitu dengan pengamatan visual di lapangan dan uji laboratorium. Untuk mendapatkan hasil parameter tanah yang lebih akurat dibutuhkan penelitian tanah di laboratorium dengan membawa sampel tanah. Namun karena data parameter tanah tidak dapat didapatkan dari pihak terkait dan apabila dilakukan penyelidikan di laboratorium membutuhkan biaya yang besar, maka cara lain yang dilakukan yaitu melaksanakan pengamatan secara visual di lapangan. Untuk mengetahui jenis tanah yang ada di lokasi wilayah studi dengan cepat yaitu dengan cara visual.

Berikut dibawah ini merupakan jenis-jenis tanah:

- 1) Pasir/kerikil (*sand*)
- 2) Lanau (*silt*)
- 3) Lempung (*clay*)
- 4) Organik (*peat*)

Berdasarkan Dari jenis-jenis tanah yang terdapat diatas kondisi tanah yang ada di lokasi penelitian pada lintas serpong-cisauk yaitu jenis tanah yang lunak atau lanau (*silt*).

Pada dasarnya tanah yang berada pada jalan rel itu harus tanah yang padat dan keras karena tanah merupakan penahan tekanan dari kereta api yang melintas. Maka jika terdapat tanah yang lunak atau lembut akan membuat masalah pada badan jalan kereta api karena tidak bisa menahan beban kereta saat melintas.

4. Rata-rata curah hujan di lintas studi

Faktor curah hujan juga bisa mempengaruhi pada permasalahan *mud pumping* dikarenakan curah hujan yang tinggi bisa mempercepat terjadinya resiko *mud pumping* pada lintas tersebut.

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh dipermukaan tanah datar selama periode tertentu dengan pengukuran satuan tinggi

milimeter (mm). Curah hujan 1 milimeter (mm) artinya dalam 1 meter persegi (m^2) pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 mm atau sebanyak 1 liter.

Tabel V.2 Tabel Intensitas Rata-Rata Curah Hujan

Bulan	Hujan		Total (mm)	rata-rata (mm)
	Curah Hujan (mm)			
	2019	2020		
Januari	280,5	282	562,5	281,25
Februari	123	158,8	281,8	140,9
Maret	140,9	145,3	286,2	143,1
April	296,3	383,8	680,1	340,05
Mei	90,2	171	261,2	130,6
Juni	48,5	105,2	153,7	76,85
Juli	4,9	3	7,9	3,95
Agustus	27,1	8,4	35,5	17,75
September	0	0	0	0
Oktober	15,6	45,1	60,7	30,35
Nopember	111,5	113,2	224,7	112,35
Desember	259,7	188,2	447,9	223,95

Sumber: BPS Kota Tangerang Selatan, 2020

Berdasarkan data curah hujan yang ada, diketahui bahwa intensitas curah hujan terbesar pada tahun 2019 dan 2020 adalah pada bulan April dengan total curah hujan 680,1 mm dan dengan rata-rata curah hujan nya 340,05 mm.

B. Pemecahan Masalah

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka upaya penanganan dan penyelesaian masalah agar pemompaan permasalahan lumpur tidak timbul lagi adalah dengan cara, sebagai berikut:

1. Pembersihan Ballas kotor

Metode pembersihan balas ini merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam penanganan permasalahan pemompaan lumpur karena caranya yang sederhana dan efektivitas umurnya yang panjang. Metode ini dilakukan dengan cara menambahkan balas yang hilang agar bisa memenuhi standar kembali, tetapi jika terdapat balas yang kotor perlu diganti sepenuhnya. Metode pembersihan balas yang

kotor atau meningkatkan ketebalan balas ini merupakan pendekatan yang hemat biaya karena meminimalkan tekanan pada lapisan tanah dasar bisa menghemat waktu dan uang.

Tabel V.3 Langkah-Langkah Pembersihan Balas Kotor

Langkah-langkah Pengerjaan	Alat yang dibutuhkan
1) Keruk balas yang sudah tercampur dengan tanah beserta air kearah keluar dengan kedalaman gorekan 10-15 cm dari dasar bantalan atau sampai pada titik tidak ditemukannya lumpur. Sehingga air pada balas benar-benar hilang dan kering. Keluarkan balas dari spasi 1 antara kedua bantalan. lalu kerjakan spasi 2. ballas dicangkul dengan balincong dan diambil dengan garpu keruk ballas. 2) Periksa kedalaman kerukan sekitar 10 - 15 cm dari posisi bawah bantalan sampai terlihat tanah yang kering dan tidak bercampur Lumpur. sehingga air genangan pada badan jalan benar-benar hilang. 3) Setelah balas diambil, balas diayak dengan kuat. balas yang sudah diayak dipasang kembali dan kotoran sisa ayakan dibuang ke lereng. 4) Selanjutnya penambahan balas dilakukan secepat mungkin dengan balas yang baru 5) lakukan pemecokan kan dengan menggunakan htt (<i>Handle Tie Temper</i>) agar balas tersebar merata khususnya di bawah bantalan, sehingga tidak menimbulkan Rongga- rongga kosong pada bagian bawah bantalan.	1) Empat (4) unit HTT 2) Satu (1) unit matisa 3) Enam (6) sekop balas 4) Enam (6) serokan 5) Enam (6) pengeruk ballas 6) Empat (4) Dongkrak Angkatan 15 ton 7) Satu (1) Palu 10 kg 8) Satu (1) unit kendaraan motor lori 9) Satu (1) garukan profil balas 10) Dua (2) Ayakan ballas

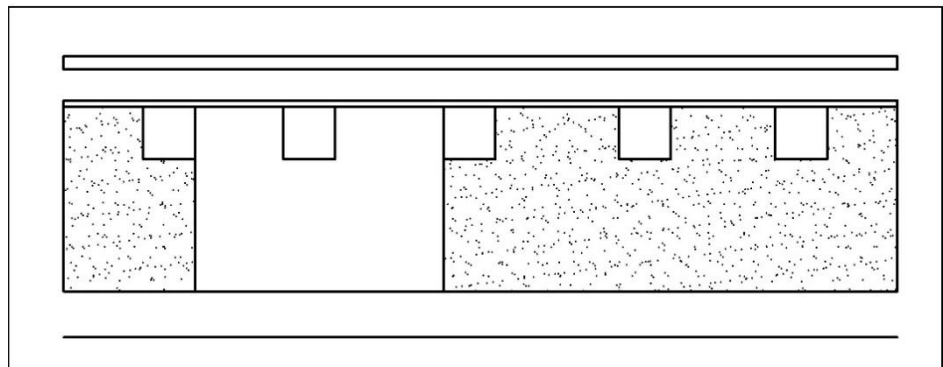
Sumber: PT. KAI, 2019



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar V.3 Proses Pengerukan Balas Mati pada KM 30+300

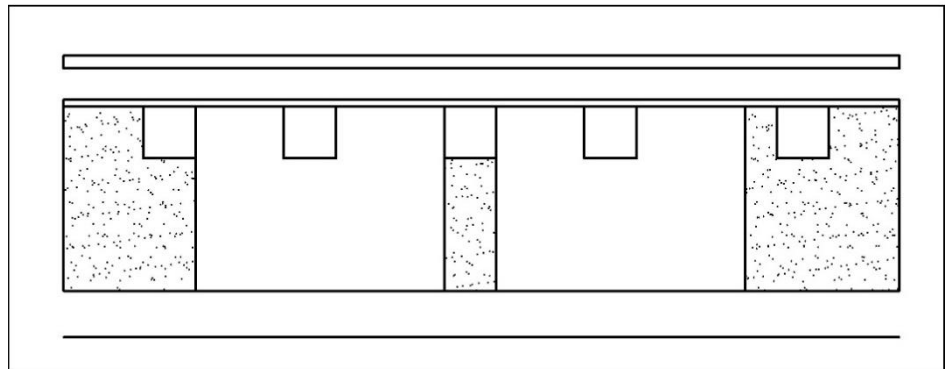
Posisi pembersihan ballas pada daerah pemompaan lumpur pendek



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.4 Pola Pengerukan Balas Pemompaan Lumpur Pendek

Posisi pembersihan ballas pada daerah pemompaan lumpur panjang



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.5 Pola Pengerukan Balas Pemompaan Lumpur Panjang



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar V.6 Proses Pembuangan Balas Kotor

2. Meningkatkan perawatan kondisi drainase

Salah satu faktor terjadinya permasalahan pemompaan lumpur yaitu dari sistem drainase nya yang buruk, sehingga meningkatkan perawatan drainase akan sangat membantu mengurangi resiko terjadinya pemompaan lumpur. Metode perawatan drainase ini dapat mengantisipasi terjadinya balas kotor, namun metode ini tidak efektif jika balas memang disusupi oleh tanah dasar yang lunak dan terfluidisasi, meskipun drainase itu sendiri sudah memadai.

Tabel V.4 Langkah-Langkah Pembersihan Drainase

Langkah-langkah Pengerjaan	Alat yang dibutuhkan
1) Selokan dibersihkan dari kotoran atau tanah dan pasir yang menutupi drainase tersebut.	1) Enam (6) Sekop
2) Kotoran atau tanah dan pasir yang sudah dikeluarkan dari sistem drainase tersebut dibuang sejauh mungkin.	2) Enam (6) Cangkul 3) Enam (6) Pengki

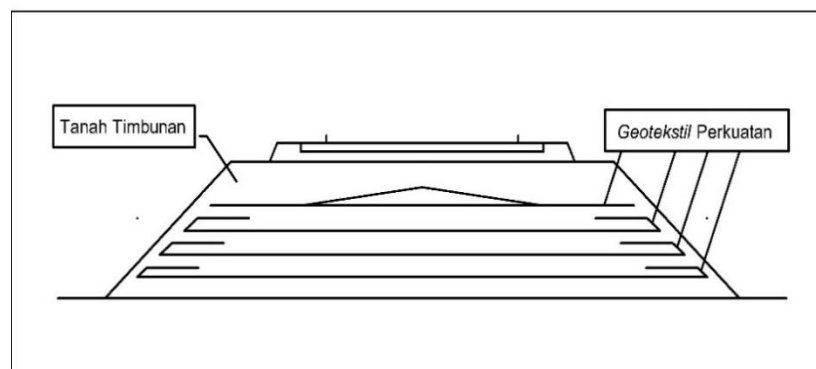
Sumber: PT. KAI, 2019

3. Penggunaan Metode Pelapisan *Geotekstil*

secara umum terdapat empat fungsi utama nama geotekstil, yaitu:

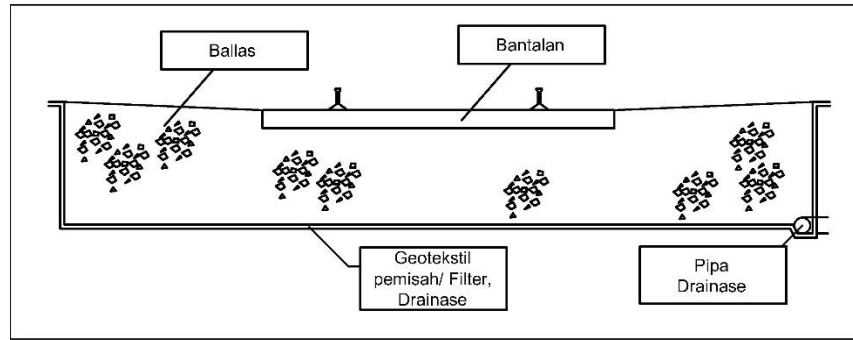
- Fungsi sebagai fasilitas drainase
- Berfungsi sebagai pemisah
- Berfungsi sebagai saringan
- Berfungsi sebagai perkuatan

Penggunaan geosintetik ini dipasang di antara lapisan balas dan di permukaan atas tanah dasar. geotekstil yang dipasang di antara lapisan ballas dan permukaan atas tanah dasar akan dapat mengalirkan air, baik yang berasal dari atas maupun yang berasal dari tanah dasar yang naik ke atas.



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.7 Posisi Penggunaan Geotekstil



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.8 Penempatan Penggunaan Geotekstil

Pemasangan geotekstil Di antara lapisan balas dan permukaan atas tanah dasar harus mengikuti kemiringan permukaan tanah atas dasar, maka air tersebut akan dialirkan ke luar lapisan balas.

Apabila ternyata air yang berasal dari bawah yaitu dari tanah dasar Bertekanan dan membawa Lumpur ke atas karena terjadinya kecrotan, lapisan geosintetik yang dipasang dapat menjadi filter yang akan menyaring masuk ke dalam lapisan balas.

Bahan *Geotekstil* yang cocok untuk Penanganan pada jalan kereta api adalah *geotekstil Non Woven* karena tersebut berupa polimer polyester dan pada dasarnya berbentuk karpet yang kedap oleh air.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar V.9 Bahan Geotekstile Non Woven



Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022

Gambar V.10 Proses Pemasangan Geotekstil Pada Jalan Kereta Api

Geotekstil yang dipasang di antara lapisan balas akan menjadi pemisah antara lapisan tanah dasar dan lapisan balas akan menjadi pemisah antara kedua bahan lapisan tersebut, sehingga kedua bahan tidak menjadi tercampur. dengan tidak tercampurnya kedua bahan tersebut maka sifat dan karakteristik teknis keduanya akan dapat dipertahankan. geotekstil juga dapat menjadi komponen perkuatan baik pada balas maupun tanah dasarnya.

Tabel V.5 Langkah-Langkah Pemasangan Material Geotekstil

Langkah-langkah Pengerjaan	Alat yang dibutuhkan
1) Keruk balas yang sudah tercampur dengan tanah beserta air kearah keluar dengan kedalaman gorengan 10-15 cm dari dasar bantalan atau sampai pada titik tidak ditemukannya lumpur. Sehingga air pada balas benar-benar hilang dan kering.	1) Empat (4) unit HTT
2) Memeriksa kedalaman kerukan sekitar 10 - 15 cm dari posisi bawah bantalan sampai terlihat tanah yang kering dan tidak bercampur Lumpur. sehingga air genangan pada badan jalan benar-benar hilang.	2) Satu (1) unit matisa
3) Lalu dilanjutkan dengan pemasangan bahan Geotekstil agar berada di posisi antara lapisan tanah dasar dan lapisan balas.	3) Enam (6) sekop balas
4) Setelah balas diambil, balas diayak dengan kuat. balas yang sudah diayak dipasang kembali dan kotoran sisa ayakan dibuang ke lereng.	4) Enam (6) serokan
5) Selanjutnya penambahan balas dilakukan secepat mungkin dengan balas yang baru	5) Enam (6) pengeruk ballas
6) lakukan pemecokan kan dengan menggunakan HTT (<i>Handle Tie Temper</i>) agar balas tersebar merata khususnya di bawah bantalan, sehingga tidak menimbulkan Rongga- rongga kosong pada bagian bawah bantalan.	6) Empat (4) Dongkrak Angkatan 10 ton
	7) Satu (1) Palu 10 kg
	8) Satu (1) unit kendaraan motor lori
	9) Satu (1) mal profil balas
	10) Dua (2) Ayakan ballas
	11) Material Geotekstil

Sumber: PT. KAI, 2019

4. Stabilisasi Kimia Pondasi Kereta Api

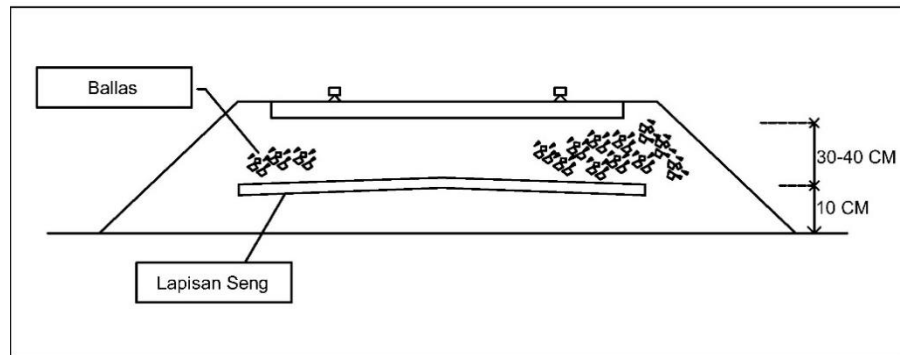
Penggunaan mekanisme kimia untuk meningkatkan karakteristik teknik tanah dasar ini menggunakan kapur sebagai penstabil. Dalam metode ini, zat aditif ditempatkan ke dalam lapisan pondasi jalan kereta api yang bermasalah untuk meningkatkan karakteristik tekniknya, berdasarkan reaksi kimia dan ikatan. (Nguyen, et al. 2019)

Dengan kata lain, reaksi kimia antara bahan asli dan zat aditif menghasilkan ikatan antara partikel tanah/balas atau meminimalkan rongga menggunakan produk kimia/biologis, sehingga meningkatkan sifat rekayasa komposit/lapisan yang baru terbentuk. misalnya, kapur bereaksi dengan air pori dan komponen kimia lainnya seperti silika atau aluminium dalam mineral lempung di tanah dasar basah yang lunak, dan ini mengurangi kadar air dan porositas tanah.

Tetapi kelemahan utama dengan sebagian besar aplikasi stabilisasi kimia adalah efek buruknya terhadap lingkungan. Sebagian besar stabilisasi kimia yang digunakan di perkeretaapian bertujuan untuk secara khusus meningkatkan kekuatan dan ketahanan siklus tanah dasar, dan dengan demikian mengurangi potensi fluidisasi dan migrasi butiran tanah dasar. Dari banyak aditif yang tersedia, kapur adalah salah satu pilihan paling konvensional dalam praktiknya. Namun, masih ada kekurangan untuk mengevaluasi kinerja jangka panjang dari metode ini secara menyeluruh karena kondisi lapangan dan metode konstruksi, yaitu teknologi pencampuran dapat sangat mempengaruhi kualitas tanah yang distabilkan. Efisiensinya juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti cuaca dan profil kimia tanah (misalnya pH dan garam sulfat). Kapur tidak bereaksi dengan baik dengan tanah tertentu, dan kurang efektif pada tanah dengan plastisitas atau kadar air yang rendah.

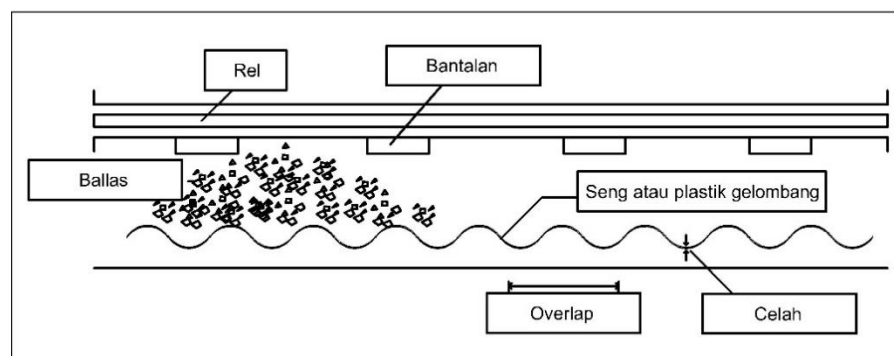
5. Penggunaan Metode "*Eastern Region*"

Cara ini dilakukan dengan cara memasang bahan pelapis berupa seng gelombang atau plastik gelombang, yang dipasang antara lapisan balas dan tanah dasar. yang berfungsi untuk memperlancar air mengalir ke dari ballas, Memperkuat lapisan balas dan memperkuat tanah dasarnya. Peletakan lapisan seng gelombang atau plastik gombal adalah sebagai berikut:



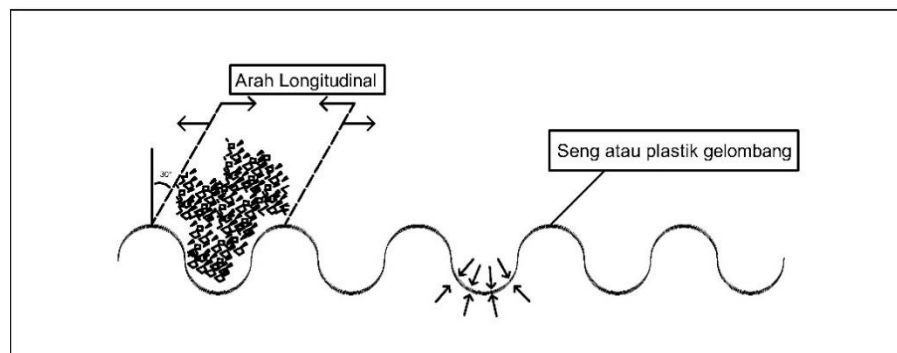
Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.11 Posisi Pemasangan Lapisan Seng/Plastik



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.12 Bentuk Penggunaan Seng/Plastik Bergelombang



Sumber: Resort jalan rel dan jembatan 1.21 ParungPanjang, 2022

Gambar V.13 Antisipasi Gerak Longitudinal Seng/Plastik

Tabel V.6 Langkah-Langkah Pemasangan Bahan Material Seng/Plastik Gelombang

Langkah-langkah Pengerjaan	Alat yang dibutuhkan
1) Keruk balas yang sudah tercampur dengan tanah beserta air kearah keluar dengan kedalaman gorekan 10-15 cm dari dasar bantalan atau sampai pada titik tidak ditemukannya lumpur. Sehingga air pada balas benar-benar hilang dan kering. 2) Memeriksa kedalaman kerukan sekitar 10 - 15 cm dari posisi bawah bantalan sampai terlihat tanah yang kering dan tidak bercampur Lumpur. sehingga air genangan pada badan jalan benar-benar hilang. 3) Lalu dilanjutkan dengan pemasangan bahan material seng gelombang atau plastik gelombang agar berada di posisi antara lapisan tanah dasar dan lapisan balas. 4) Setelah balas diambil, balas diayak dengan kuat. balas yang sudah diayak dipasang kembali dan kotoran sisa ayakan dibuang ke lereng. 5) Selanjutnya penambahan balas dilakukan secepat mungkin dengan balas yang baru 6) lakukan pemecokan kan dengan menggunakan htt (Handle Tie Temper) agar balas tersebar merata khususnya di bawah bantalan, sehingga tidak menimbulkan Rongga- rongga kosong pada bagian bawah bantalan.	1) Empat (4) unit HTT 2) Satu (1) unit matisa 3) Enam (6) sekop balas 4) Enam (6) serokan 5) Enam (6) pengeruk ballas 6) Empat (4) Dongkrak Angkatan 10 ton 7) Satu (1) Palu 10 kg 8) Satu (1) unit kendaraan motor lori 9) Satu (1) mal profil balas 10) Dua (2) Ayakan ballas 11) Material Seng gelombang atau plastik gelombang

Sumber: PT. KAI, 2019

BAB VI

PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Permasalahan pemompaan lumpur ini diakibatkan balas yang tidak berfungsi dengan baik ataupun dari drainase yang tersumbat sehingga air tidak bisa mengalir dengan lancar dan mengakibatkan genangan air di tubuh badan jalan. Sehingga apabila ada kereta api yang melintas lumpur tersebut tertekan oleh beban kereta api sehingga menyembur ke atas tubuh badan. Yang akan berdampak pada terjadinya beda tinggi pada rel dan bisa membahayakan perjalanan kereta api dan menyebabkan nilai *Track Quality Index* pada lintas tersebut menjadi buruk.
2. Beban berulang yang disebabkan dari beban kereta yang melintas kepada balas jika terus menerus akan membuat gesekan antar balas yang akan mengakibatkan balas aus dan menjadi mati.
3. Metode penanganan pemompaan lumpur (*Mud Pumping*) yang bisa dilakukan adalah dengan beberapa cara yaitu dengan cara pembersihan balas kotor, meningkatkan perawatan pada drainase, pemasangan *Geotekstil*, pemasangan *eastern region* dan metode stabilisasi tanah dasar dengan bahan kimia.

B. SARAN

1. Meningkatkan pelaksanaan perawatan berkala sesuai dengan peraturan menteri No. 32 tahun 2011 tentang standar dan tata cara perawatan prasarana perkeretaapian, dan selalu difokuskan kepada tindakan yang bersifat pencegahan terhadap hal-hal yang menjadi penyebab utama permasalahan pemompaan lumpur.
2. Ketika terjadi balas mati agar cepat segera di tangani, karena jika dibiarkan terlalu lama akan terjadi permasalahan penurunan volume balas dan akan berakibat terjadinya *mud pumping* juga.
3. Penanganan untuk permasalahan pemompaan lumpur untuk saat ini lebih relevan menggunakan metode pemasangan geotekstil karena dipasang di antara lapisan balas akan menjadi pemisah antara lapisan tanah dasar dan lapisan balas dan menjadi pemisah antara kedua bahan lapisan tersebut, sehingga kedua bahan tidak menjadi tercampur. Metode penanganan permasalahan pemompaan lumpur dengan bahan kimia tidak di anjurkan untuk saat ini karna bisa menyebabkan efek buruk pada lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, (2007). Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian.
- _____, (2017). Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian.
- _____, (2000). Keputusan Menteri Nomor 52 Tahun 2000 Tentang Jalur Kereta Api.
- _____, (2011). Peraturan Menteri Nomor 31 Tahun 2011 Tentang Standar Dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian.
- _____, (2011). Peraturan Menteri Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian.
- _____, (2012). Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- PT. KAI. (2012). "*Buku Saku Perawatan Jalan rel.*" Bandung: PT. Kereta Api Indonesia.
- PT. KAI. (2016). "*Peraturan Dinas 10A Tentang Perawatan Jalan Rel dengan Lebar 1.067 mm.*" Bandung: PT Kereta Api Indonesia.
- PT. KAI. (2012). "*Kriteria Kerusakan Dan Pedoman Inspeksi.*" Bandung: PT. Kereta Api Indonesia.
- TIM PKL PT. KAI. (2022). "*Laporan Umum Tim PKL PT. Kereta Api Properti Manajemen.*" Bekasi: Politeknik Transportasi Darat Indonesia-Sekolah Tinggi Transportasi Darat.
- Anwar, Arif, dan Yogi Arisandi. "Inventarisasi Jalan Rel Non Operasi Lintas Yogyakarta-Magelang Temanggung." *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 15(4) Desember 2013: 183-187.
- Arisikam, Dicky, Awan Hermawan Purwadinata, dan Isah Bela Mulyawati. "Perencanaan Stabilisasi Dan Perkuatan Tanah Dasar Jalur Kereta Api." *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 8(2) April 2022: 376-377.

- Ariyanto, Bobby, dan Dian M Setiawan. "Dampak Penambahan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Sebanyak 3% pada 1 Lapisan dan 3 Lapisan Struktur Balas." *Buletin Teknik Sipil*, 2(1) Februari 2022: 8-9.
- Aulia, Alma Mia, Dera Kartika Puspa Mega, Gatot Rusbintardjo, dan Lisa Fitriyana. "Perencanaan Jalan Rel Kereta Api Di Atas Tanah Lunak." *Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula 7 (KIMU 7)*, Januari 2022: 180-185.
- Cahyono, Widy, dan Ahmad Rifa'i. "Stabilisasi Tanah Dasar Dengan Bahan Aditif Akibat Beban Siklik Jalan Rel Kereta Cepat Jakarta – Bandung." *Media Teknik Sipil*, 17(1) Februari 2018: 72-73.
- Fistcar, Wawarisa Alnu, Hera Widyastuti, Data Iranata, dan Catur Arif Prastyanto. "Pengaruh Parameter Track Quality Indeks (TQI) Terhadap Perilaku Bantalan Beton." *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 18(1) Februari 2020: 133-134.
- Handayani, Reni Puspa, dan Triyatno. "Pemetaan Lokasi Rawan Kecelakaan Kereta Api Di Kota Padang." *Jurnal Buana*, 4(2) Maret 2020: 352-353.
- Hudson, Andrew, Geoff Watson, Louis Le Pen, dan William Powrie. "Remediation of Mud Pumping on a Ballasted Railway Track." *Journal Transportation Geotechnics*, 143 June 2016: 1043-1050.
- Jaya, Fery Hendi, dan Miswanto. "Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage." *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1) November 2018: 34-35.
- Kristian, Yusup, dan Tira Roesdiana. "Analisis Kerusakan Jalan Rel Wilayah UPT Resor Jalan Rel 3.13 Tanjung Berdasarkan Hasil Kereta Ukur." *Jurnal Kontruksi*, 5(1) Januari 2016: 96-99.
- Kurniawan, Wahyu, dan Rulhendri. "Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI)." *Jurnal Rekayasa Sipil Astonjadro*, 4(2) Desember 2015: 1-17.
- Mangngi, Progustin, Jonie Tanijaya, dan Suryanti R Tonapa. "Perilaku Lentur Balok Beton dengan Lapisan Geotextile pada Daerah Tarik dan Tekan." *Jurnal Teknik Sipil UKIPaulus-Makassar*, 3(4) Desember 2021: 631-632.

- Murniati, Desriantomy, dan Evanphilo Ibie. "Tinjauan Geometrik Jalan Rel Kereta Api Trase Puruk Cahu–Bangkuang–Batanjung (STA 212+000–STA 213+000)." *Jurnal Teknik*, 1(2) April 2018: 138-139.
- Nasution, Mas Ayoe Elhias. "Perancangan Kualitas Pelayanan Jasa Transportasi Pengiriman Barang Menggunakan Metode Service Quality Pada CV.Karya Agung Medan." *IT Journal*, 6(2) Oktober 2018: 124-125.
- Ndale, Fransiskus Xaverius. "Penggunaan Geotextil Sebagai Bahan Bangunan." *Jurnal Teknik*, 13(2) Oktober 2019: 65-67.
- Nguyen, Thanh Trung, Buddhima Indraratna, Richard Kelly, Nghi Minh Phan, dan Ferry Haryono. "Mud Pumping Under Railtracks: Mechanisms, Assessments." *Australian Geomechanics Journal*, 54(4) Desember 2019: 59-80.
- Nova, Deana Dwi Rita, dan Novi Widiastuti. "Pembentukan Karakter Mandiri Anak Melalui Kegiatan Naik Transportasi Umum." *Jurnal COMM-EDU*, 2(2) Mei 2019: 113-114.
- Wahab, Wilton, dan Pruima Andika. "Studi Analisis Pemilihan Moda Transportasi Umum Darat di Kota Padang antara Kereta Api dan Bus Damri Bandara Internasional Minangkabau." *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(1) Januari 2019: 30-37.
- Wahyudin, Dian. "Peluang Dan Tantangan "Big Data" Dalam Membangun "Smart City" Untuk Sistem Transportasi." *Jurnal Reformasi Administrasi*, 5(1) September 2018: 109-115.
- Yureina. "Studi Kasus Sistem Pemeliharaan Rel Kereta Api Koridor Palang Parasamia-Jembatan Sungai Piring." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik (JIMT)*, 1(4) Desember 2021: 2-3.



PTDI - STTD

KARTU ASISTENSI

PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN TAHUN AKADEMIK 2021/2022

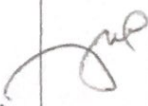
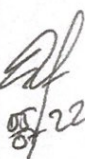
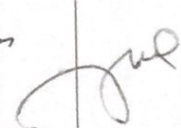
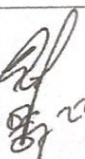
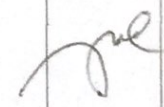
NAMA : IKHAM BAYU SUAZI

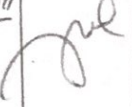
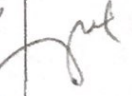
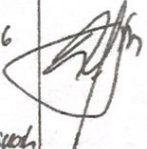
NOTAR : 19.03.045

DOSEN : 1. IR. ERFianto R. CHAN

2. IR. DZAMAL SUBASTIAN, M.Sc

JUDUL KKW : OPTIMALISASI PERAWATAN PRASARANA JALAN REL
DI WILAYAH RESORT JJ 1.21 PARUNG PANZANG

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
1.	29-06-22	1. Evaluasi Outline KKW 2. Progress BAB I 3. Evaluasi BAB I		1.	01-07-22	1. Pengumpulan Outline KKW 2. Evaluasi BAB I	
2.	05-07-22	1. Progres BAB II 2. Evaluasi BAB II		2.	07-07-22	1. Pengumpulan BAB II 2. Revisi BAB I	
3.	07-07-22	1. Progres BAB III 2. Evaluasi BAB III		3.	12/07/22	1. pengumpulan KKW BAB III 2. Pengumpulan Revisi BAB II	

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
4.	21-07-22	- Evaluasi BAB 4 - konsep perumusan BAB 4		4.	21-07-22	1. merevisi BAB <u>III</u> 2. pengumpulan BAB <u>IV</u>	
5.		1. Evaluasi BAB 5 2. Evaluasi BAB 1-4		5.	25-07-22	1. Revisi BAB <u>IV</u> 2. mengumpulkan BAB <u>V</u>	
6.		- Evaluasi BAB 1-6 - Evaluasi Tata Naskah		6.	27/07/22	1. merevisi BAB <u>V</u> 2. mengumpulkan BAB <u>VI</u>	