

**EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800
ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi
Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



Diajukan Oleh:

ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

NOTAR : 19.03.011

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA - STTD

PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN

TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

BEKASI

2022

**EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800
ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi
Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



Diajukan Oleh:

ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

NOTAR : 19.03.011

POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA - STTD

PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN

TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN

BEKASI

2022

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Arina Sukma Nirmala Putri

Notar : 19.03.011

Tanda Tangan : 

Tanggal : 17 AGUSTUS 2022

KERTAS KERJA WAJIB

**EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54 + 800
ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI**

Yang dipersiapkan dan Disusun Oleh

ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

Nomor Taruna : 19.03.011

Telah di Setujui oleh:

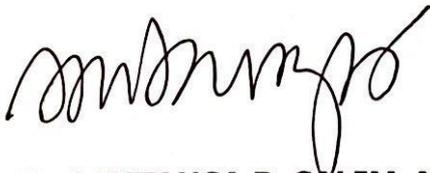
PEMBIMBING UTAMA



Ir. SUHARTO, M.Sc.

Tanggal: 04 AGUSTUS 2022

PEMBIMBING PENDAMPING



Ir. SANTAUSA P. SALIM, MM

Tanggal: 29 JULI 2022

KERTAS KERJA WAJIB
EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800
ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan

Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian

Oleh:

ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

NOTAR: 19.03.011

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

PADA TANGGAL 03 AGUSTUS 2022

DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Pembimbing Utama



Ir. SUHARTO, M.Sc.

NIP. -

Tanggal 03 Agustus 2022

Pembimbing Pendamping



Ir. SANTAUSA P. SALIM, MM

NIP.-

Tanggal 03 Agustus 2022

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD
BEKASI
2022

KERTAS KERJA WAJIB

**EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800
ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI**

Yang Diperiapkan dan Disusun Oleh:

ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

NOTAR: 19.03.011

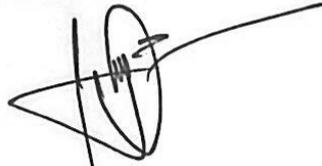
**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 03 AGUSTUS 2022
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

DEWAN PENGUJI

<p>Penguji I</p>  <p><u>Ir. SUHARTO, M.Sc.</u> NIP.</p>	<p>Penguji II</p>  <p><u>Drs. UNED SUPRIADI</u> NIP.</p>
<p>Penguji III</p>  <p><u>SAM DELI IMANUEL D, S.SiT., MM</u> NIP. 19850309 200912 1 003</p>	<p>Penguji IV</p>  <p><u>Ir. SANTAUSA R. SALIM, MM</u> NIP.</p>

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 akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD,
saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arina Sukma Nirmala Putri
Notar : 19.03.011
Progran 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:

EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800 ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI

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.

Dibuat di: Bekasi

Pada Tanggal: 17 AGUSTUS 2022

Yang Menyatakan



(Arina Sukma Nirmala Putri)

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah atas rahmat dari Allah SWT sehingga penulis bisa menyelesaikan Kertas Kerja Wajib (KKW) dengan judul "**EVALUASI PENURUNAN BALAS PADA KM 54+0 – KM 54+800 ANTARA STASIUN CISAAT – STASIUN SUKABUMI**" sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Penulis menyampaikan terimakasih kepada instansi dan orang sekitar yang telah memberi bantuan dan memberi dukungan pada saat pembuatan laporan ini, maka dari itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ayah, Ibu, serta keluarga besar yang telah memberi *support* serta motivasi;
2. Bapak Ahmad Yani, ATD., MT. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD;
3. Bapak Ir. Suharto, M.Sc. dan Bapak Ir. Santausa P. Salim, MM selaku Dosen Pembimbing yang telah memberi bimbingan serta arahan secara langsung untuk penulisan Kertas Kerja Wajib ini;
4. Bapak Ir. Bambang Drajat, MM selaku Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian;
5. Ibu Eni Basri selaku Kepala Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat;
6. Kakak-Kakak Alumni PTDI-STTD, seluruh Pegawai serta Karyawan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat;
7. Rekan-rekan tim praktek kerja lapangan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat;
8. Rekan-rekan Spoor 16 dan rekan-rekan Angkatan XLI PTDI-STTD;
9. Sahabat saya yang saya sayangi Ika Nur Faizah yang telah membantu dalam keadaan apapun; dan
10. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberi dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu;

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Kertas Kerja Wajib ini masih terdapat kekurangan dikarenakan pengalaman dan pengetahuan penulis yang

terbatas. Oleh sebab itu, penulis mengahrapkan banyak kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Kertas Kerja Wajib.

Akhir kata penulis berharap Kertas Kerja Wajib ini dapat memberikan manfaat bagi semua, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang transportasi perkeretaapian dan dapat untuk pembangunan transportasi serta dalam wilayah Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat.

Bekasi, 17 Agustus 2022

Penulis



ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI
1903011

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Rumusan Masalah	2
D. Maksud Dan Tujuan	2
E. Batasan Masalah.....	3
BAB II GAMBARAN UMUM.....	4
A. Kondisi Geografis.....	4
B. Kondisi Wilayah Administratif	5
C. Kondisi Transportasi.....	7
D. Gambaran Umum Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Barat.....	8
E. Kondisi Lintas Bogor – Sukabumi	9
BAB III KAJIAN PUSTAKA	13
A. Aspek Legalitas	13
B. Aspek Teoritis.....	19
BAB IV METODE PENELITIAN.....	22
A. Alur Pikir.....	22
B. Bagan Alir Penelitian	23
C. Teknik Pengumpulan Data	24
D. Teknik Analisis Data	24
E. Lokasi Dan Jadwal Penelitian.....	28
BAB V ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH	29
B. Analisis Data.....	29
B. Pemecahan Masalah	36
BAB VI PENUTUP.....	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Kecamatan Kota Sukabumi menurut Luas Wilayah Administratif	5
Tabel II. 2 Kecamatan di Kabupaten Sukabumi menurut Luas Wilayah Administratif.....	6
Tabel II. 3 Data Kondisi Jalan Rel Lintas Bogor-Sukabumi	10
Tabel II. 4 Kondisi Bantalan Lintas Bogor-Sukabumi	11
Tabel II. 5 Kondisi Penambat Lintas Bogor – Sukabumi.....	11
Tabel III. 1 Penampang Melintang Jalan Rel	14
Tabel III. 2 Standar Saringan ASTM.....	16
Tabel IV. 1 Sudut Geser Dalam	25
Tabel IV. 2 Klasifikasi Tanah Dari Data Sondir . Error! Bookmark not defined.	
Tabel V. 1 Komponen Gaya (Diagram Tanah Yang Terjadi).....	39
Tabel V. 2 Gaya (Perhitungan Tekanan Tanah)	40
Tabel V. 3 Momen (Perhitungan Panjang Profil <i>Sheet Pile</i>).....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Peta Wilayah Kerja Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Barat	Error! Bookmark not defined.
Gambar II. 2 Peta Lintas Kereta Api Bogor – Sukabumi	9
Gambar IV. 1 Bagan Alir Penelitian	23
Gambar IV. 2 Prosedur Cepat Pemeriksaan Tanah.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar V.1 Kondisi Visual Tanah.....	29
Gambar V.2 Rongga Antara Bantalan dengan Balas	32
Gambar V.3 Bantalan yang Turun	33
Gambar V.4 Bantalan Mengambang	33
Gambar V.5 Bantalan yang Tertekan	33
Gambar V.6 Penurunan Tubuh Baan.....	33
Gambar V.7 Kondisi Rel.....	34
Gambar V. 8 Bronjong	Error! Bookmark not defined.
Gambar V. 9 <i>Sheet Pile</i> Kayu	Error! Bookmark not defined.
Gambar V. 10 <i>Sheet Pile</i> Beton	Error! Bookmark not defined.
Gambar V. 11 <i>Sheet Pile</i> Baja	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan sarana gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya. Kereta api sudah menjadi suatu bagian dari sistem transportasi nasional meskipun di Indonesia hanya terdapat di 3 pulau saja. Kereta api adalah salah satu moda transportasi memiliki peranan penting karena memiliki fungsi sebagai alat transportasi bagi penumpang atau barang, juga memiliki keunggulan sebagai moda angkutan massal dengan daya angkut yang besar, hemat energi, anti macet, tepat waktu, ramah lingkungan, hemat energi, dan relatif aman dibandingkan dengan moda transportasi lainnya dan dapat menjadi penghubung antar moda transportasi lainnya.

Kereta api juga dijabarkan sebagai penyedia sarana dan prasarana untuk mengangkut barang dan orang secara massal. Agar kereta api dapat layak beroperasi maka dalam pengadaan sarana dan prasarana harus dipersiapkan, dikendalikan, dirawat, dan diperbaiki secara teratur dan terus menerus. Dengan demikian dari pengoperasian perkeretaapian, salah satunya harus memperhatikan standar perawatan sarana dan prasarana sehingga dalam pengoperasiannya dapat memberikan keamanan dan kelancaran terhadap jasa yang dijual ke pasar. Menjamin keselamatan serta keamanan untuk mendukung operasional perjalanan kereta api, juga harus dijaga dan diupayakan agar selalu dalam keadaan kelaikan teknis, operasional, dan komersial.

Lintas Bogor – Sukabumi merupakan lintas yang baru dioperasikan Kembali dengan sebagian sudah menggunakan double track dan sebagian masih menggunakan single track dengan panjang keseluruhan lintas yaitu 57 km dan memiliki 10 stasiun aktif. Pada lintas ini keseluruhan menggunakan jenis rel R.54.

Pada lintas ini terdapat permasalahan yang berkaitan dengan geometri jalan rel dan material tepatnya antara stasiun Cisaat – stasiun Sukabumi yaitu balas. Terjadi penurunan volume balas yang berangsur berkelanjutan sehingga merubah komposisi material jalan rel yang mengakibatkan perubahan geometri jalan rel sehingga dapat membahayakan perjalanan kereta api.

B. Identifikasi Masalah

1. Terjadi penurunan balas pada km 54+0 – 54+800 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.
2. Terdapat kondisi tanah lembek yang mengandung banyak air pada km 54+0 – km 54+200 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.

C. Rumusan Masalah

Pada lintas Bogor – Sukabumi tepatnya pada petak jalur antara stasiun Cisaat – stasiun Sukabumi mengalami penurunan balas yang dapat menyebabkan berkurangnya volume dan rusaknya geometri jalan rel sehingga dapat mengganggu keselamatan perjalanan kereta api. Oleh sebab itu perlu diadakan evaluasi terhadap penurunan balas tersebut.

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Apa bahaya yang ditimbulkan akibat penurunan balas pada perjalanan kereta api?
2. Bagaimana cara menangani tanah yang mengandung banyak air pada km 54+0 – km 54+200 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi ?
3. Faktor apa saja yang menyebabkan penurunan balas?

D. Maksud Dan Tujuan

Maksud dari penelitian Kertas Kerja Wajib ini adalah untuk mempelajari penanganan pada jalur kereta api yang terjadi karena penurunan balas pada jalur rel serta terdapat tanah lunak yang banyak mengandung air pada lintas studi km 54+0 – km 54+800 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi bahaya yang ditimbulkan akibat penurunan balas pada perjalanan kereta api.

2. Menganalisis terkait cara penanganan terhadap tanah yang mengandung banyak air pada km 54+0 – km 54+200 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.
3. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan penurunan balas pada km 54+0 – 54+800 antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup penelitian berdasarkan data hasil survei Tim PKL Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Bagian Barat, ruang lingkup yang dibatasi antara lain:

1. Penelitian ini memfokuskan pada penanganan permasalahan akibat penurunan balas yang terjadi pada petak antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.
2. Penelitian memberikan usulan penambahan balas dan perbaikan sekelilingnya pada area yang diperlukan demi keselamatan perjalanan kereta api.
3. Penelitian ini tidak melakukan penelitian penyelidikan tanah.
4. Penelitian ini tidak mempertimbangkan adanya biaya terkait konstruksi perbaikan.

BAB II

GAMBARAN UMUM

A. Kondisi Geografis

Stasiun Cisaat dan stasiun Sukabumi melewati satu kota dan satu kabupaten yaitu Kota Sukabumi dan Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat, Adapun kondisi geografis Kota Sukabumi dan Kabupaten Sukabumi yaitu:

1. Kota Sukabumi

Kota Sukabumi disebut sebagai kota dengan wilayah paling kecil di Jawa Barat dengan luas 4.800,231 Ha. Secara geografis Kota Sukabumi terletak di bagian selatan Jawa Barat pada koordinat $106^{\circ}45'50''$ bujur timur dan $106^{\circ}45'10''$ bujur barat di kaki dua gunung yaitu Gunung Gede dan Gunung Pangrango dengan ketinggian 584 mdpl dan berjarak 120 km dari Ibukota Negara (Jakarta) serta berjarak 96 km dari Ibukota Jawa Barat (Bandung). Kota Sukabumi memiliki batas wilayah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara: Kecamatan Sukabumi, Kabupaten Sukabumi.
- b. Sebelah Selatan: Kecamatan Nyalindug, Kabupaten Sukabumi.
- c. Sebelah Barat: Kecamatan Cisaat, Kabupaten Sukabumi.
- d. Sebelah Timur: Kecamatan Sukaraja, Kabupaten Sukabumi.

Kota Sukabumi memiliki 7 kecamatan yaitu Kecamatan Gunung Puyuh, Cikole, Citamiang, Warudoyong, Baros, Lembursitu, dan Cibereum.

2. Kabupaten Sukabumi

Kabupaten Sukabumi adalah kabupaten dengan predikat terluas kedua di Pulau Jawa dengan luas wilayah 4.128 km². Batas wilayah Kabupaten Sukabumi 60% merupakan daratan dan 40% berbatasan dengan lautan.

Kabupaten Sukabumi memiliki 47 kecamatan yang dibagi 364 desa dan 4 kelurahan yaitu Kecamatan Lengkong, Bojonggenteng, Jampang Tengah, Ciambar, Cibadak, Parakansalak, Cicantayan, Cicurug, Cidahu, Cikembar, Cikidang, Cireunghas, Cisaat, Gunung Guruh, Surade, Curugkembar, Kabandungan, Jampang Kulon, Kadudampit, Kalapanunggal, Kebonpedes, Nagrak, Nyalindung, Parungkuda, Sukabumi, Sukalarang, Sukaraja, Gegerbitung, Bantargadung, Cikakak, Caringin, Cisolak,

Pabuaran, Palabuhanratu, Purabaya, Sagaranten, Simpenan, Warung Kiara, Cibitung, Cidadap, Cidolog, Ciemas, Cimanggu, Ciracap, Kalibunder, Tegal Buleud, Waluran.

B. Kondisi Wilayah Administratif

1. Wilayah Kota Sukabumi

Kota Sukabumi mempunyai luas wilayah 48,33 km² dengan meliki 7 kecamatan dan 33 kelurahan dengan kecamatan paling luas adalah Kecamatan Lembur Situ dengan luas 8,8 km² sedangkan kecamatan dengan luas terkecil yaitu Kecamatan Citamiang dengan luas 4,07 km².

Tabel II. 1 Kecamatan Kota Sukabumi menurut Luas Wilayah Administratif

No	Nama Kecamatan	Luas Wilayah (km²)
1	Baros	5,58
2	Lembursitu	10.69
3	Cibereum	9,12
4	Citamiang	4,01
5	Warudoyong	7,56
6	Gunung Puyuh	5,15
7	Cikole	6,22

Sumber: BPS Kota Sukabumi Dalam Angka, 2022

2. Wilayah Kabupaten Sukabumi

Kabupaten Sukabumi mempunyai luas wilayah administratif 4.128 km² terbagi menjadi 47 kecamatan, 5 kelurahan, dan 381 desa. Pada tabel dibawah ini tertampil luas wilayah administratif Kabupaten Sukabumi.

Tabel II. 2 Kecamatan di Kabupaten Sukabumi menurut Luas Wilayah Administratif

No	Nama Kecamatan	Luas Wilayah (km²)
1	Ciomas	314,14
2	Jampang Tengah	204.21
3	Waluran	100.64
4	Surade	119.59
5	Sukalarang	30.72
6	Jampang Kulon	69.66
7	Cimanggu	146.16
8	Kalibunder	85.78
9	Tegalbuleud	255.52
10	Cidolog	97.72
11	Sagaranten	116.65
12	Cidadap	83.82
13	Curug Kembar	62.03
14	Kabandungan	136.77
15	Lengkong	141.36
16	Palabuhanratu	91.86
17	Simpenan	170.69
18	Warungkiara	89.66
19	Bantargadung	75.85
20	Ciracap	134.22
21	Bojong Genteng	17.32
22	Cikembar	81.68
23	Nyalindung	107.92
24	Gegerbitung	68.97
25	Sukaraja	42.13
26	Kebonpedes	11.36
27	Cireunghas	29.56

Tabel II.2 Lanjutan

No	Nama Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)
28	Cibitung	90.76
29	Sukabumi	30.34
30	Kadudampit	69.62
31	Cisaat	23.09
32	Gunungguruh	26.31
33	Cibadak	64.03
34	Cicantayan	35.81
35	Caringin	36.89
36	Nagrak	69.04
37	Ciambar	61.34
38	Cicurug	46.59
39	Cidahu	34.58
40	Parakan Salak	38.08
41	Parung Kuda	25.87
42	Purabaya	103.37
43	Kalapanunggal	49.09
44	Cikidang	155.59
45	Cisolok	173.49
46	Cikakak	113.61
47	Pabuaran	115.81

Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi Dalam Angka, 2022

C. Kondisi Transportasi

Jawa Barat merupakan provinsi dengan banyak penduduk dimana transportasi sangat berperan untuk pergerakan penduduk dan memperlancar aktivitas dari satu daerah ke daerah yang lain. Moda transportasi yang sering digunakan antara lain angkutan kota, bus kota, ojek online dan angkutan kereta api. Angkutan umum merupakan penunjang kegiatan sehari-hari yang dibutuhkan masyarakat. Untuk

wilayah Sukabumi angkutan umum dan kereta api paling populer digunakan masyarakat untuk menghindari kemacetan dan mempersingkat waktu tempuh.

Perkembangan transportasi khususnya perkeretaapian sangat berpengaruh terhadap kecepatan waktu dan keamanan penumpang. Transportasi kereta api tidak hanya memperpendek jarak tempuh yang dilalui tetapi juga memberikan kenyamanan kepada penumpang karena tidak ada kemacetan. Pembangunan layanan kereta api antar kota termasuk pembangunan *double track* sangat diapresiasi oleh masyarakat setempat karena waktu tempuh semakin berkurang.

D. Gambaran Umum Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Barat

Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat terletak di Kota Bandung tepatnya di Jl. Gedebage No.86, Babakan Penghulu, Gedebage, Kota Bandung, Jawa Barat. Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Barat memiliki wilayah kerja mencakup 3 Daop yaitu: Daop 1 Jakarta, Daop 2 Bandung, dan Daop 3 Cirebon

Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Barat mempunyai tugas melakukan perbaikan dan pengawasan prasarana kereta api, serta pengawasan penyelenggaraan sarana, lalu lintas, angkutan, dan keselamatan perkeretaapian. Pada pelaksanaan tugas BTP Jawa Barat menyelenggarakan fungsi:

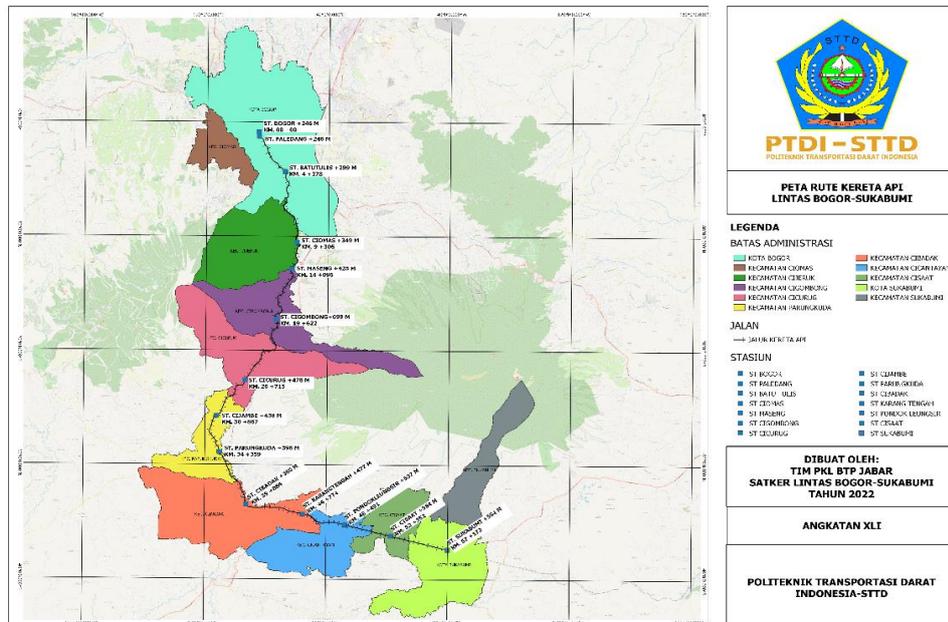
1. Pelaksanaan serta peningkatan prasaran perkeretaapian
2. Pelaksanaan pengawasan penyelenggara prasarana perkeretaapian
3. Pelaksanaan pengawasan penyelenggaraan sarana, lalu lintas dan angkutan kereta api
4. Pelaksanaan serta pengawasan keselamatan lalu lintas dan angkutan kereta api
5. Pelaksanaan serta pemantauan kelaikan prasarana dan sarana perkeretaapian
6. Pelaksanaan pencegahan dan penindakan pelanggaran perundang-undangan di bidang perkeretaapian

7. Pelaksanaan analisis dan penanganan kecelakaan sesuai dengan ketentuan perundang-undangan
8. Pengelolaan urusan tata usaha, rumah tangga, kepegawaian, keuangan, hukum, dan hubungan masyarakat

E. Kondisi Lintas Bogor – Sukabumi

Proyek *double track* lintas Bogor – Sukabumi merupakan proyek strategis yang masuk kedalam Daerah Operasi 1 Jakarta dengan Panjang lintas 57,173 km yang melewati 2 kota dan 2 kabupaten yaitu Kota Sukabumi, Kabupaten Sukabumi, Kota Bogor, dan Kabupaten Bogor dengan 12 kecamatan dan 10 stasiun aktif yaitu Stasiun Bogor Paledang, Stasiun Batutulis, Stasiun Maseng, Stasiun Cigombong, Stasiun Cicurug, Stasiun Parungkuda, Stasiun Cibadak, Stasiun Karangtengah, Stasiun Cisaat, dan terakhir Stasiun Sukabumi.

Lintas Bogor – Sukabumi berada pada daerah dataran tinggi yang banyak lengkungan, tanjakan dan turunan dengan titik tertinggi berada pada stasiun Cigombong dengan ketinggian 699 mdpl. Karena berada pada daerah dataran tinggi, banyak daerah rawan longsor pada lintas Bogor – Sukabumi.



Gambar II. 1 Peta Lintas Kereta Api Bogor – Sukabumi

Sumber: Hasil Analisis TIM PKL BTP JABAR, 2022

Dari peta diatas dapat diketahui bahwa panjang lintas 57,173 km dengan kondisi lintas sebagai berikut:

1. Rel

Rel adalah benda balok menerus yang dibebankan di atas tumpuan bantalan dan memiliki fungsi untuk mengarahkan pergerakan roda pada kereta api. Rel juga bertujuan dan berfungsi untuk menerima dan menyalurkan beban kereta api pada bantalan. Oleh sebab itu, rel harus mempunyai nilai kekakuan dan kekerasan yang tinggi agar perpindahan beban titik 12 roda bisa tersebar secara baik pada bantalan. Selain itu, fungsi yang lain dari rel yaitu menyalurkan listrik dengan tujuan persinyalan di kawasan sirkuit jalan rel.

Tabel II. 3 Data Kondisi Jalan Rel Lintas Bogor-Sukabumi

NO	RESOR	ANTARA	JALUR	JENIS REL KM'SP				
				R.54	R.50	R. 41/42	R.33	R.25
1	1.17 BOO	BOO-MSG	HULU	14.974	0	0	0	0
2	1.17 BOO	BOO-MSG	HILIR	14.974	0	0	0	0
3	1.18 CGB	MSG-CGB	HULU	4.622	0	0	0	0
4	1.18 CGB	MSG-CGB	HILIR	4.622	0	0	0	0
5	1.18 CGB	CGB-CCR	HULU	7.093	0	0	0	0
6	1.18 CGB	CGB-CCR	HILIR	7.093	0	0	0	0
7	1.18 CGB	CCR-PRK	TUNGGAL	7.685	0	0	0	0
8	1.19 SI	PRK-SI	TUNGGAL	15.000	0	0	0	0
JUMLAH				76.063	0	0	0	0

Sumber: Unit Jalan dan Jembatan DAOP 1 Jakarta, 2022

Jenis rel yang digunakan pada lintas Bogor – Sukabumi adalah jenis rel R.54.

2. Bantalan

Bantalan yaitu salah satu komponen pada sistem struktur jalan rel yang berfungsi untuk mengikat rel sehingga kedudukan rel menjadi kokoh dan kuat.

Fungsi dan persyaratan pada bantalan kereta adalah:

- a. Memberikan tumpuan dan tempat untuk pemasangan kaki rel serta penambat.
- b. Menahan beban – beban pada rel.
- c. Untuk menahan lebar jalan rel dan kemiringan rel.
- d. Untuk memberikan isolasi yang memadai antara kedua rel.
- e. Harus tahan kepada pengaruh mekanis dan cuaca dalam jangka

waktu yang lama.

- f. Menghindarkan sentuhan langsung antara rel dengan air dalam tanah.

Tabel II. 4 Kondisi Bantalan Lintas Bogor-Sukabumi

NO	RESOR	ANTARA	JALUR	JENIS BANTALAN		
				BETON	KAYU	BESI
1	1.17 BOO	BOO-MSG	HULU	14.974	12	0
2	1.17 BOO	BOO-MSG	HILIR	14.974	12	0
3	1.18 CGB	MSG-CGB	HULU	4.539	8	0
4	1.18 CGB	MSG-CGB	HILIR	4.539	8	0
5	1.18 CGB	CGB-CCR	HULU	7.082	11	0
6	1.18 CGB	CGB-CCR	HILIR	7.082	11	0
7	1.18 CGB	CCR-PRK	TUNGGAL	7.623	13	0
8	1.19 SI	PRK-SI	TUNGGAL	23.552	29	0
JUMLAH				84.365	104	0

Sumber: Unit Jalan Dan Jembatan DAOP 1 Jakarta, 2022

Pada lintas Bogor – Sukabumi Sebagian besar bantalan telah menggunakan bantalan jenis beton dan sebagian ada yang masih menggunakan bantalan kayu pada bangunan hikmat.

3. Penambat

Penambat yaitu komponen yang menambatkan rel kepada bantalan sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh, dan tidak bergeser.

Tujuan dari penambat yaitu:

- Menjaga ukuran dan jarak antara kedua rel atau lebar kereta tetap.
- Menahan semua beban dan getaran yang terjadi pada jalan rel yang berasal dari kereta api.
- Menyerapkan gaya rel dengan elastis dan memberikan ke bantalan.
- Mengisolasi aliran listrik dari rel ke bantalan.

Tabel II. 5 Kondisi Penambat Lintas Bogor – Sukabumi

NO	RESORT	ANTARA	JALUR	JENIS PENAMBAT				
				E-CLIP	F TYPE	DE CLIP	KAKU	KA CLIP
1	1.17 BOO	BOO-MSG	HULU	59.762			134	
2	1.17 BOO	BOO-MSG	HILIR	59.762			134	
3	1.18 CGB	MSG-CGB	HULU	18.030			126	
4	1.18 CGB	MSG-CGB	HILIR	18.030			126	
5	1.18 CGB	CGB-CCR	HULU	28.162			42	
6	1.18 CGB	CGB-CCR	HILIR	28.162			42	
7	1.18 CGB	CCR-PRK	TUNGGAL	30.132			0	
8	1.19 SI	PRK-SI	TUNGGAL	95.895			105	

Sumber: Unit Jalan dan Jembatan DAOP 1 Jakarta, 2022

Pada lintas Bogor – Sukabumi keseluruhan menggunakan penambat E-clip dan menggunakan penambat kaku pada wesel di seluruh emplasemen.

4. Balas

Balas yaitu bagian dari badan jalan rel dimana bantalan rel ditempatkan atau dapat diartikan hamparan granular material biasanya crushed stones gravels dan material lainnya yang memenuhi syarat, yang diletakkan di bawah dan sekeliling bantalan rel.

Fungsi utama balas:

- a. Meneruskan dan menyerap beban pada bantalan ke tanah dasar.
- b. Meluruskan air hingga tidak terjadi penggenangan air disekitar bantalan dan rel.
- c. Mengukuhkan kedudukan bantalan.

BAB III

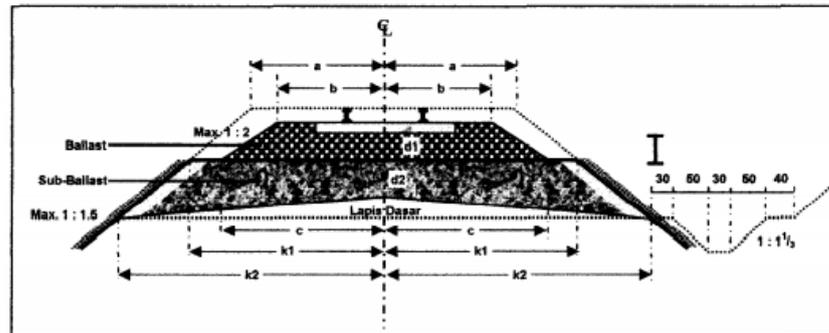
KAJIAN PUSTAKA

A. Aspek Legalitas

Berdasarkan judul yang dibahas dilakukan terdapat banyak aspek legalitas berdasarkan undang - undang yang berkaitan yaitu:

1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian
 - a. Pasal 1
 - 1) Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
 - 2) Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan.
 - 3) Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton, atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.
 - b. Pasal 35
Prasarana perkeretaapian umum dan perkeretaapian khusus meliputi:
 - 1) Jalur kereta api;
 - 2) Stasiun kereta api; dan
 - 3) Fasilitas operasi kereta api.
 - c. Pasal 49
Jalur kereta api untuk perkeretaapian umum membentuk satu kesatuan jaringan jalur kereta api.
2. Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

a. Penampang Melintang Jalan Rel



Gambar III. 1 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (1067 mm)

Sumber: PM 60 Tahun 2012

Untuk menentukan lebar jalur kereta api berdasarkan kecepatan maksimal pada lintas tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel III. 1 Penampang Melintang Jalan Rel

KELAS JALAN	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber: PM 60 Tahun 2012

b. Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

Konstruksi Badan Jalan

- 1) Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
- 2) Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.
- 3) Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.

c. Konstruksi Badan Jalan Pada Timbunan

- 1) Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
 - 2) Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM 0 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 (SNI terbaru) haruslah tidak kurang dari 6% pada contoh tanah terendam (*soaked samples*) yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM 0698 atau SNI 03-1742-1989.
 - 3) Lapisan dasar (*subgrade*) harus miring kearah luar sebesar 5%.
 - 4) Jika penurunan sisa (*residual settlement*) tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di atas timbunan lebih besar dari 20 em, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki.
 - 5) Bagian bawah lapis dasar harus terletak minimum 0,75 m di ataselevasi muka air tanah tertinggi.
- d. Proteksi Lereng
- 1) Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
 - 2) Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).
 - 3) Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan saja tidak memadai dipandang dari sudut material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain.
 - 4) Ketebalan *top soil* minimal 10 cm.
- e. Sub Balas
- 1) Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (*filter*) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebalaminimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.
 - 2) Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat sebagai berikut:

Tabel III. 2 Standar Saringan ASTM

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35
No. 200	0 – 10

Sumber: PM 60 Tahun 2012

- 3) Sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:
 - a) Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
 - b) Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
 - c) Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang kurangnya 30% agregat pecah;
 - d) Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% γ_d menurut percobaan ASTM D 698.
- f. Balas
 - 1) Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang besar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukan harus sangat terpilih.
 - 2) Fungsi utama dari balas adalah untuk meneruskan serta menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air disekitar bantalan dan rel.
 - 3) Kemiringan lereng pada lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2.
 - 4) Bahan balas atas dipasang hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan.
 - 5) Material pembentukan balas harus memenuhi syarat-syarat teknis berikut:

- a) Balas harus terdiri dari batu pecah (25-60) mm dan memiliki nilai kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
- b) Material balas harus bersudut banyak serta tajam;
- c) Porositas maksimum adalah 3%;
- d) Kuat tekan rata-rata maksimum yaitu 1000 kg/cm²;
- e) *Specific gravity* minimum 0.5%;
- f) Kandungan minyak pada balas maksimum 0.2%;
- g) Keausan balas disesuaikan dengan *test Los Angeles* tidak boleh melebihi dari 25%;

Perencanaan kontruksi pada jalan rel yang harus diperhatikan sedemikian rupa supaya dapat/bisa dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Tubuh jalan adalah lapisan pada tanah, baik dalam kondisi tanah asli maupun bisa dalam bentuk yang sudah diperbaiki ataupun berbentuk buatan yang bisa memikul beban yang dikerjakan oleh lapisan balas atas dan balas bawah. Secara umum jalan rel dapat berada di pedataran, perbukitan serta di pegunungan. Tubuh jalan biasanya terdapat di daerah galian atau timbunan juga dapat menumpu pada endapan tanah atau endapan pada batuan. Tubuh jalan yang terdapat pada timbunan terdiri atas tanah dasar (*subgrade*). Tanah timbunan asli, sedangkan badan jalan pada galian terdiri dari tanah dasar (*subgrade*) dari tanah asli.

1. Data tanah

Bertujuan untuk perencanaan terperinci dan lebih lanjut dari badan jalan kereta api. Data-data tanah bisa didapatkan dengan dapat melakukan penelitian tanah dilapangan dan di laboratorium.

a. Penyelidikan tanah di lapangan

- 1) Bor tanah interval jarak bisa diperoleh +200 meter bila kondisi tanah diprediksi sejenis, serta lebih pendek lagi jika tanah bervariasi secara datar. Diperkirakan pengeboran tanah yang dilakukan +10 meter atau minimum sedalam tinggi timbunan, yang dapat diukur dari elevasi permukaan tanah asli.
- 2) CBR (California Bearing Ratio) atau Plate Bearing Test. Pengeboran pada tanah dilakuan di beberapa titik yang

ditentukan, supaya dapat memperoleh hasil atau hubungan data antara semua lintas sehingga untuk perencanaan yang akan datang akan lebih mudah dan sedikit penyelidikan diperlukan. Bersamaan dengan dilakukan uji coba ini juga dilakukan pengambilan pada contoh tanah terganggu untuk test klasifikasi sehingga kejelasan sifat tanah makin diketahui.

- 3) "Portable Cone Penetrometer" pada beberapa tempat dilakukan test CBR/ plate Bearing Test, yang bertujuan untuk menganalisis data antara semuanya sehingga untuk perencanaan ataupun perbaikan dikemudian hari akan makin mudah dan cepat.

b. Penyelidikan pada Tanah di Laboratorium

Sifat-sifat karakteristik pada tanah:

- a) Gradasi, pemeriksaan menggunakan analisis saringan, dan perlu dilakukan serta diikuti dengan analisis hydrometer, yang dilakukan berdasarkan metoda ASTM D. 422.
- b) Batas-batas Atterberg, yang meliputi batas cair, batas plastis dan susut, yang dilakukan berdasarkan metoda ASTM D.423 dan D.424.

1) Sifat fisik termasuk dalam sifat-sifat ini yaitu:

- a) Kohesi (C) serta sudut geser (ϕ) penyelidikan menggunakan alat Triaxial dan/atau Direct Shear berdasarkan metode ASTM D.2580 dan D. 3080.
- b) Q_u serta sensitivitas (S_t) Penyelidikan menggunakan alat "Unconfined compression test" berdasarkan metode ASTM D. 2166.
- c) Modulus Elastisitas (E) Penyelidikan menggunakan alat uji modulus elastisitas berdasarkan metode ASTM D. 2435.

2) Sifat-sifat lain selain sifat-sifat yang ada diatas, juga perlu diketahui yaitu:

- a) Koefisien kompresi (C_c) serta koefisien konsolidasi (C_v), yang dapat diperoleh dari test berdasarkan metode ASTM D.2435.

- b) Koefisiensi permeabilitas (k), yang diperoleh dari test permeabilitas berdasarkan metoda ASTM D. 2434.
- 3) Tanah timbunan yang dikhususkan untuk tanah timbunan, pada contoh tanah yang terganggu perlu dilakukan pemeriksaan di laboratorium hal-hal berikut:
 - a) Berat jenis pada tanah
 - b) Gradasi pada tanah
 - c) Batas-batas Atterberg
 - d) Pemadatan untuk mengetahui gambar lengkung berdasarkan metode ASTM D.698
 - e) CBR terendam dan atau tidak terendam.

B. Aspek Teoritis

1. Tanah

Tanah menurut Bowles (2016) adalah agregasi dari partikel yang memiliki ukuran berkisar sangat lebar dalam ukuran. Partikel ini adalah hasil dari pelapukan mekanik dan kimia batuan. Beberapa partikel ini diberikan nama khusus sesuai dengan ukurannya, seperti kerikil, pasir, lumpur, tanah liat, dll. Sedangkan, menurut Das (2016), dan Terzaghi (2016), Tanah didefinisikan sebagai kumpulan (agregat) butiran mineral yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air.

Sedangkan pengertian menurut Bowles (2016), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batu yang berukuran besar, biasanya berukuran lebih besar dari 250 mm sampai dengan 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai dengan 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel bentuk batuan yang memiliki ukuran 5 mm sampai dengan 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel bentuk batuan yang memiliki ukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari yang paling kasar (3-5 mm) sampai yang paling halus (kurang dari 1 mm).

- d. Lanau (*silt*), partikel bentuk batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung pada jumlah besar ditemukan didalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang memiliki ukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel yang dimaksud merupakan sumber utama dari kohesi yang ada pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang "diam" yang memiliki ukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2. Balas

Lapisan balas pada dasarnya yaitu terusan dari lapisan tanah dasar yang terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan besar akibat lalu lintas kereta api pada jalan rel, oleh sebab itu material pembentukannya harus sangat terpilih.

Fungsi utama balas yaitu:

- a. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.
- b. Mengokohkan kedudukan bantalan.
- c. Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.
- d. Meredam getaran saat kereta bergerak.
- e. Memberi dukungan kekenyalan terhadap bantalan.
- f. Memberi landasan yang kokoh untuk struktur jalan rel atas dan mencegah terjadi pergeseran ataupun perpindahan.

Balas terbagi menjadi balas atas dan balas bawah. Ketebalan balas berhubungan erat dengan kuat dukung tanah dasar yang berada di bawahnya, serta berhubungan juga dengan bahan balas, beban roda dan kecepatan kereta. Namun meskipun daya dukung tanah dasar sudah memenuhi namun balas tetap dibutuhkan untuk alasan lain seperti kekenyalan, drainase, meredam getaran dan lainnya.

3. Lapisan Balas Atas

Lapisan ini terdiri atas batu pecah yang sangat keras dengan sudut tajam, keras, bergradasi sama, pecah, tidak pipih, dan juga bebas dari debu serta memenuhi aturan-aturan yang tercantum dalam peraturan

yang ada. Batu yang biasanya digunakan adalah batu jenis split ukuran 2/3.

Persyaratan balas atas:

- a. Subtansi yang merugikan tidak boleh terdapat dalam material melebihi persentase tertentu.

Jumlah tersebut yaitu :

- | | |
|--|-------|
| 1) Material yang lunak serta mudah pecah | <3% |
| 2) Material yang melalui ayakan no. 200 | <1% |
| 3) Gumpalan–gumpalan lempung. | <0,5% |

Syarat–syarat lainnya adalah :

- | | |
|--|------|
| 4) Keausan pada tes Los Angeles | <40% |
| 5) Berat padat per meter minimal 1400 kg | |
| 6) Partikel tipis/panjang | <5% |

- b. Partikel yang dimaksud adalah partikel yang memiliki panjang yang sama atau lebih dari lima kali ketebalan rata-rata.

4. Lapisan Balas Bawah

Lapisan bawah berfungsi untuk mengurangi tekanan berada di bawah balas sehingga bisa di distribusikan pada lapisan tanah dasar dan harus memiliki tebal minimal pada lapisan bawah adalah 15 cm.

5. Kepadatan.

Lapisan balas yang berada dibawah bantalan, terutama berada dibawah dudukan rel harus dipadatkan dengan baik. Lapisan pada balas bawah harus dipadatkan sampai mencapai 100 % menurut percobaan ASTM D 698.

6. Daya Dukung Tanah Dasar

- a. Tanah dasar (*subgrade*) harus memiliki daya dukung tanah yang cukup. Dengan dilakukan percobaan CBR (ASTM D.1883) kekuatan minimum adalah 8% untuk tanah dasar.
- b. Tebal pada tanah dasar yang harus memenuhi harga CBR tersebut minimal 30 cm.
- c. Untuk menghindari pengotoran balas akibat terhisapnya lumpur ke dalam balas maka tanah dasar harus memenuhi persyaratan tertentu.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Alur Pikir

Dalam rencana penelitian ini yaitu dengan melakukan pengumpulan data sekunder dan data primer yang ada pada lintas studi. Langkah awal yang dilakukan adalah mencari informasi dasar yang dimana informasi ini didapat dari data yang sudah ada dalam hal ini disebut sebagai data sekunder. Setelah data sekunder didapatkan, maka diperlukan data primer yang dapat diperoleh dari survei langsung ke lintas studi untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya. Dapat dilakukan dengan survei narasumber yang bersangkutan mengenai kondisi lintas yang sebenarnya. Kemudian dari data tersebut dilakukan analisis permasalahan untuk membandingkan dengan data sekunder yang telah didapatkan.

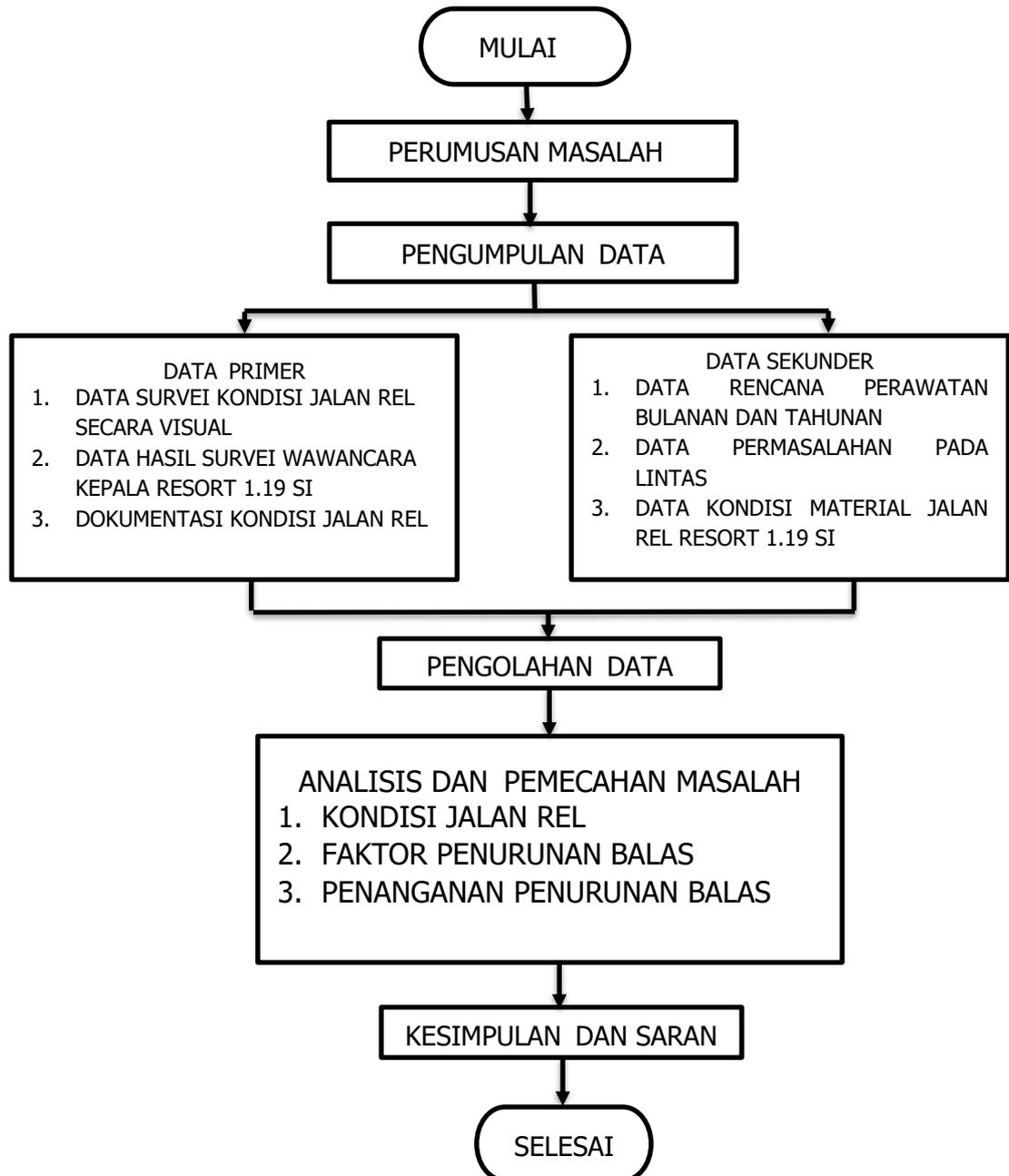
Hasil dari alur pikir ini nanti akan menjadi kesimpulan yang bisa digunakan sebagai acuan penyelesaian permasalahan yang ada pada lintas studi.

Adapun tahapan rencana penelitian ini adalah:

1. Menetapkan maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian.
2. Mengumpulkan data yang diperlukan. Untuk data primer dapat dilakukan dengan mencari kondisi sebenarnya, yaitu dilakukan wawancara dan *tracking* pada lintas.
3. Menerapkan analisis masalah dan membandingkan data sekunder dengan data yang diperoleh di lapangan.
4. Mengajukan usulan pemecahan masalah yang ada.
5. Menetapkan kesimpulan dan saran.

B. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir (flowchart) adalah metode teknik analisis yang digunakan untuk mendeskripsikan sejumlah aspek dari sistem informasi secara jelas, ringkas, dan logis. Pengembangan pola pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar IV. 1 Bagan Alir Penelitian

C. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu metode mencari data yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini ada 2 jenis data yaitu data primer dan sekunder.

1. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari beberapa instansi pemerintah maupun swasta sesuai dengan kebutuhan penelitian di lintas studi. Yang termasuk dalam data sekunder yaitu:

- a. Data rencana perawatan bulanan dan tahunan.
- b. Data kondisi material jalan rel resort 1.19 Sukabumi.
- c. Denah lokasi penurunan balas di KM 54+0 – KM 54+800.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat dari pengamatan secara langsung yang ada dilapangan sehingga didapatkan gambaran terkait kondisi yang ada di lintas studi.

- a. Data survei kondisi jalan rel secara visual.
- b. Data hasil survei wawancara kepala resort 1.19 Sukabumi
- c. Dokumentasi kondisi jalan rel.

D. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian evaluasi penurunan balas pada KM 54+0 – KM 54+800 diperlukan data sekunder dan data primer yang sudah bisa digunakan untuk menjawab rumusan permasalahan yang sudah ditetapkan. Analisis dalam penelitian ini dengan memperhatikan kondisi eksisting wilayah kajian melalui pengamatan secara langsung.

1. Penyelidikan Tanah

Dilaksanakan untuk mengetahui jenis dan sifat parameter tanah. Jenis-jenis tanah yaitu:

- a. Pasir/kerikil (*sand*)
- b. Lanau (*silt*)
- c. Lempung (*clay*)

2. Nilai Parameter Tanah

Dalam pencegahan dan penanganan longsor dibutuhkan data tanah seperti nilai sudut geser (ϕ), berat isi tanah (γ), nilai kohesi (C), faktor keamanan (FK). Dikarenakan pada penelitian tidak mendapat data laboratorium tentang nilai parameter tanah di wilayah kajian, maka nilai parameter tanah di dapatkan dari hasil perbandingan antara pengamatan visual tanah dengan sumber literatur yang ada.

a. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Tabel IV. 1 Sudut Geser Dalam

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	31°-35°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Sumber: Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1

Keterkaitan antara sudut geser dan jenis tanah dapat dilihat pada tabel diatas.

b. Berat Isi Tanah (γ)

1) Lanau Lempung

Endapan rawa dan limpah banjir dibentuk oleh lanau lempungan dengan pasir lanauan berwarna coklat kehitaman, konsistensi lunak.

2) Satuan Pasir – Pasir Lanauan

Endapan pematang pantai dengan konsistensi teguh, plastisitas tinggi, permeabilitas rendah.

3) Satuan Batu Pasir, Batu Lempung – Napal

Bagian dari anggota batu pasir, tanah pelapukan berupa lanau lempungan, bewarna coklat tua kemerahan, plastisitas rendah, permeabilitas rendah, konsistensiteguh hingga kaku.

4) Satuan Breksi Vulkanik

Disusun oleh formasi kumbang terdiri dari breksi vulkanik, lava, batu pasir, konglomerat dengan sisipan napal. Tanah pelapukan berupa lanau lempungan, mengandung pasir halus, berwarna coklat kemerahan.

5) Satuan Basal

Merupakan batuan beku trobosan basal yang retas lempengan. Tanah pelapukannya berupa lanauan berwarna coklat kemerahan, plastisitas sedang, permeabilitas rendah, dan konsistensi teguh hingga kaku.

c. Kohesi (C)

Kohesi dapat diartikan sebagai gaya tarik menarik antar partikel tanah. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (qc) yaitu:

$$\text{Kohesi (C)} = qc/20$$

Sumber: Braja M. Das, 1995

1) Rumus Perhitungan Analisis

Menurut Hary Chridtady (2002), untuk menghitung stabilitas *sheet pile* dipakai persamaan teori tekanan tanah Rankine dengan rumus sebagai berikut:

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

- Dimana :
- Pa = Tekanan tanah aktif (t/m²)
 - Pp = Tekanan tanah pasif (t/m²)
 - γ = Berat isi tanah dibawah air (t/m³)
 - H = Jarak dari permukaan tanah (m)
 - ∅ = Sudut geser dalam untuk tanah (*)

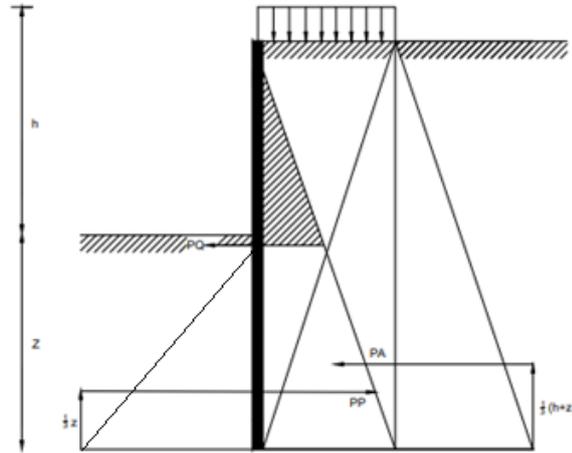
Cara menghitung koefisien tekanan tanah berdasarkan persamaan Rankine yaitu dengan cara sebagai berikut:

a. Koefisien tekanan tanah aktif (Ka)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

b. Koefisien tekanan tanah pasif (K_p)

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$



Rumus mencari kedalaman *sheet pile* (Z)

a) Rumus perhitungan komponen gaya

$$pq = Q \cdot K_a$$

$$pa = \gamma \times h \times K_a$$

$$pp = \gamma \times K_p h' \times z$$

Sumber: *Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1, 1995*

b) Rumus perhitungan gaya

$$PQ = pq \times (h+z)$$

$$PA = \frac{1}{2} \times pa \times (h+z)$$

$$PP = \frac{1}{2} \times pp \times z$$

Sumber: *Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1, 1995*

c) Rumus perhitungan momen

$$MPQ = (h+z) \times \frac{1}{2} \times PQ$$

$$MPA = (h+z) \times \frac{1}{3} \times PA$$

$$MPP = \frac{1}{3} \times z \times PP$$

Sumber: *Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1, 1995*

Keterangan:

pq = komponen gaya, akibat adanya beban q

pa = komponen gaya, akibat adanya tanah aktif

pp = gaya akibat adanya tanah pasif

K_{ph}' = kekuatan tanah pasif dengan faktor keamanan

PQ = gaya akibat beban q

MPQ = momen akibat gaya PQ

PA = gaya akibat adanya tanah pasif

MPP = momen akibat gaya PP

Q = beban

γ = berat isi tanah

K_a = koefisien tanah aktif

K_p = koefisien tanah pasif

E. Lokasi Dan Jadwal Penelitian

1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian adalah tempat penelitian dimana kegiatan penelitian berlangsung. Lokasi penelitian ini berada di sepanjang wilayah antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi.

2. Jadwal penelitian

Jadwal penelitian adalah waktu dimana kegiatan penelitian berlangsung. Penelitian ini dilaksanakan selama magang di Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Barat pada satuan kerja lintas Bogor – Sukabumi terhitung pada tanggal 1 Maret 2022 – 17 Juni 2022.

BAB V

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

B. Analisis Data

1. Analisis Kondisi Eksisting Pematatan Tanah

a. Kondisi Tanah

Menentukan kondisi tanah dapat dilakukan dengan cara penyelidikan tanah yang bertujuan untuk mengetahui jenis dan sifat serta kondisi parameter tanah, terdapat dua cara penyelidikan tanah yaitu pengamatan secara visual di lapangan dan uji laboratorium.

1) Pengamatan Jenis Tanah

Pengamatan jenis tanah secara cepat dilakukan dengan cara pengamatan visual. Hasil pengamatan pada sampel secara visual dapat dilihat sebagai berikut:

- a) Pada saat mencoba menggali dengan kayu, tanah mudah digali dan kayu mudah dicobloskan ke tanah.
- b) Saat diremas, tanah mudah dihancurkan dengan jari.
- c) Apabila kondisi tanah basah, tanah mudah diremas remas oleh jari.
- d) Tanah berwarna cokelat tua.



Gambar V.1 Kondisi Visual Tanah

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022

Dari hasil pengamatan, dapat dilihat pada gambar bahwa tanah berwarna coklat, kondisi tanah di wilayah studi sangat lunak, dan mudah saat dihancurkan oleh tangan. Disekitar badan jalan juga tumbuh banyak rumput yang menunjukkan bahwa tanah banyak mengandung humus. Sehingga dapat dilihat bahwa jenis tanah tersebut adalah tanah lempung atau lanau.

b. Metode Perbaikan Tanah

Lapisan tanah pada badan jalan Kereta Api antara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi pada km 54+0 – km 54+800 yang terdiri dari tanah lanau atau lempung, yaitu mempunyai sifat lunak dan lepas. Tanah lanau biasanya mempunyai plastisitas yang tinggi. Dikarenakan lapisan tanah pada badan jalan terdiri dari tanah lanau, maka tanah tersebut harus diperbaiki agar mempunyai daya dukung tanah yang cukup serta dapat mencegah terjadinya penurunan. Untuk perbaikan tanah dapat diperbaiki dengan beberapa cara diantaranya:

1) Perbaikan Dengan Penggantian Tanah Dasar

Metode mengganti tanah dasar atau tanah asli dengan tanah yang memiliki daya dukung terhadap beban yang lebih tinggi, diantaranya yaitu jenis tanah pasiran.

2) Perbaikan Dengan Metode *Grouting*

Pada prinsipnya cara ini dilakukan dengan cara menginjeksi bahan penguat (*grouting*) ke dalam tanah. Saran perbaikan dengan cara perkerasan tanah badan jalan adalah dengan metode *Grouting* atau penyuntikan tanah dengan suatu bahan yang disesuaikan dengan jenis tanahnya baik pada tanah dasar maupun tanah yang mengalami rekahan, sehingga tanah tersebut akan menjadi keras, diantaranya yaitu dengan cara menyuntikkan soil semen ke dalam tanah. Metode *Grouting* ini dilakukan untuk memperbaiki kondisi pengaliran air permukaan. Penutupan rekahan pada jalan akan mencegah masuknya air permukaan, sehingga tidak akan menimbulkan naiknya tekanan hidrostatik atau lembeknya massa tanah yang bergerak.

3) Perbaikan Dengan Melakukan Modifikasi Pada Tanah Dasar

Metode pencampuran lapisan dalam yaitu kapur atau stabilisator semen dicampurkan pada kedalaman tanah (posisi) tanah dasar badan jalan itu. Disamping kapur dapat digunakan juga susu semen atau adukan semen. Adukan semen tidak hanya digunakan untuk pondasi tanah kohesif melainkan dapat juga digunakan untuk tanah berpasir atau tanag organic. Metode ini belum banyak diterapkan pada pekerjaan pekerjaan yang besar dan hasil penerapannya belum dapat dikonfirmasi untuk suatu jangka waktu yang panjang.

4) Perbaikan tanah dengan teknik pengeringan (dewatering)

Perbaikan tanah dengan teknik pengeringan yaitu upaya peningkatan bearing capacity tanah melalui proses pengeringan tanah, sehingga kadar air tanah menurun, dan meningkatkan tegangan efektif di dalam tanah. Metode ini banyak menggunakan teknik saluran pasir vertikal (*sand drain*), yang dibuat sedemikian rupa, sehingga air di dalam tanah dapat mengalir ke luar dari massa tanah. Formasi sand drain sudah banyak dikembangkan para engineer, sehingga air dalam massa tanah yang jenuh dapat dialirkan baik pada arah vertikal (*sand vertical drain*), maupun pada arah horisontal (*sand horisontal drain*).

2. Kondisi Eksisting Balas

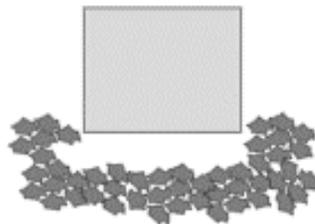
Berdasarkan data yang diperoleh bahwa penurunan balas diantara Stasiun Cisaat – Stasiun Sukabumi pada KM 54+0 – KM 54+800 dikarenakan pada lintas tersebut terjadi kerusakan tanah dasar karena tanah lembek, selain itu sekitar rel juga menjadi tempat mobilitas masyarakat untuk melakukan kegiatan sehari-hari, serta bertambah dengan beban rangkaian kereta lapisan balas mendapatkan beban berupa tumbukan bantalan yang menghentak. Akibat yang dihasilkan yaitu:

- a. Bahan balas saling gesek, lambat laun akan aus atau hancur sehingga volume balas akan berkurang dan mengakibatkan pengurangan tebal balas, sehingga terjadi penurunan balas

- b. Rongga-rongga antar partikel akan bertambah sempit yang disebabkan oleh berkurangnya volume balas yang menutupi rongga-rongga antar partikel balas, berkurangnya rongga-rongga antara partikel ini dapat mengakibatkan berkurangnya permeabilitas lapisan balas sehingga air tidak mudah mengalir dan balas menjadi tidak berfungsi dengan baik (sering disebut dengan "balas mati"). Penyebab lain tertutupnya rongga-rongga ialah akibat dari buangan sampah, debu, partikel hasil pengereman, gesekan roda dengan kepala rel dan sebagainya.

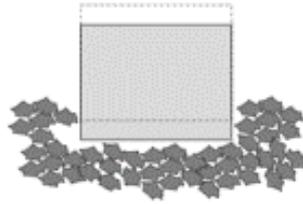
Akibat dari berkurangnya ketebalan lapisan balas menyebabkan tanah dasar menerima tekanan akibat beban dari atas lebih besar dibandingkan dengan keadaan semula, akibat hasil tersebut balas bawah dapat merosot turun dan membuat cekungan (kantong balas), selain akibat berkurangnya ketebalan lapisan balas, kantong balas juga dapat terjadi akibat dari terjadinya proses mud pumping. Proses terjadinya kantong balas akan dipercepat pada musim hujan, disebabkan karena keadaan air akan mengurangi kuat dukung tanah dasar juga merupakan pembawa lumpur pada proses pemompaan lumpur.

- a. Kondisi atau kedudukan bantalan mengambang, sehingga terbentuk rongga antara bantalan dan balas. Kejadian ini terjadi karena balas mati sehingga tidak elastis lagi.



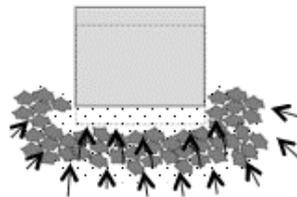
Gambar V.2 Rongga Antara Bantalan dengan Balas

- b. Pada saat bantalan terbebani (dilalui kereta api) bantalan turun menekan balas yang kemudian masuk menutup rongga balas.



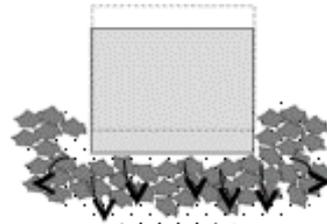
Gambar V.3 Bantalan yang Turun

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



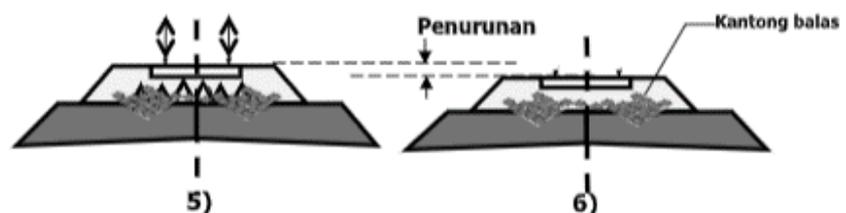
Gambar V.4 Bantalan Mengembang

- d. Pada saat tebebani kembali partikel-partikel halus yang ada dalam rongga tersebut akan terdesak masuk ke sela-sela bahan balas.



Gambar V.5 Bantalan yang Tertekan

- e. Peristiwa tersedotnya partikel-partikel tanah dasar tersebut akan mengakibatkan balas turun menerobos tanah dasar, yang kemudian dapat mengakibatkan terbentuknya kantong balas.



Gambar V.6 Penurunan Tubuh Baan

Apabila terbentuknya kantong balas berkelanjutan, semakin lama kantong balas akan semakin dalam dan lebar. Air yang berada dalam kantong balas akan menekan tanah disekelilingnya. Demikian seterusnya dan sewaktu tahapan geser tanah maksimum sudah terlampaui akan terjadi runtuh badan jalan rel dan mengakibatkan terjadinya mud pumping.

3. Kondisi Eksisting Penurunan Balas

Pada petak jalan antara Stasiun Cisaat – Sukabumi km 54+0 – 54+800 terdapat persawahan pada sebelah kiri dan kanan. Faktor yang menyebabkan penurunan/longsor balas tersebut adalah karena adanya beban dari kereta api serta jalan yang rel yang setiap hari digunakan warga untuk mobilitas ke sawah. Dapat diidentifikasi secara visual bahwa jenis tanah merupakan tanah lanau atau lempung dengan kondisi tanah yang kurang baik.



Gambar V.7 Kondisi Rel

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022

Faktor yang mempengaruhi penurunan adalah beban yang melebihi daya dukung tanah, kadar air yang tinggi sehingga menurunkan daya dukung tanah. Selain itu getaran yang ditimbulkan kereta api pada saat melewati badan jalan yang labil. Sehingga balas pada permukaan tanah akan mengalami penurunan yang mengakibatkan terjadinya longsor balas. Karena daya dukung tanah tersebut tidak mampu menahan dan memikul berat beban sendiri maupun beban dari luar yaitu beban yang diakibatkan karena getaran kereta api pada saat melintas. Dampak jika terjadi penurunan balas

sangat berpengaruh terhadap pengoperasian KA, seperti memicu terjadinya PLH atau Peristiwa Luar Biasa Hebat dan pembatasan kecepatan. Dengan adanya pembatasan kecepatan akan berpengaruh pada kapasitas lintas.

Pemilihan metode penanganan penurunan balas dipermukaan tanah yang berpotensi longsor tergantung beberapa faktor, seperti biaya, teknik pelaksanaan, kemampuan pelaksana, ketersediaan material, serta peralatan yang digunakan. Ada beberapa cara metode penanganan yaitu:

a. Penanganan dengan metode bronjong

Metode bronjong dipilih karena bronjong dapat bertahan lebih dari 1 tahun apabila pemeliharaan dan perbaikan dilakukan dengan baik, maka bronjong dapat bertahan lama. Bahan yang dipakai adalah bronjong kawat biasanya menggunakan kawat telepon dengan diameter 4 mm karena kawat dengan diameter 4 mm cukup kuat dan mudah dianyam dengan tangan.

Keunggulan bronjong yaitu:

- 1) Bila runtuh tetap dapat dimanfaatkan.
- 2) Memiliki sifat lursu air sehingga tidak menyebabkan air menggenang.
- 3) Kontruksinya mudah.
- 4) Bahan mudah didapatkan.
- 5) Biaya murah.

Bronjong biasanya dipasang pada kaki lereng yang memiliki fungsi mencegah pengerusakan.

b. Dinding penahan tanah

Pada metode ini bisa menggunakan turap (*sheet pile*) tetapi pemasangan turap (*sheet pile*) tidak efektif untuk menahan massa longsor yang besar, karena modulus perlawanannya yang kecil, namun bisa diatasi dengan pemasangan ganda atau bisa dengan pemasangan tiang baja yang berbentuk pipa dapat diisi dengan beton atau komposit beton dengan baja profil untuk memperbesar modulus perlawanannya. Macam-macam dari *sheet pile* yaitu:

1) *Sheet pile* kayu

Digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak terlalu tinggi karena tidak kuat membendung dengan berat yang besar. *Sheet pile* kayu ini tidak cocok jika diaplikasikan pada tanah yang berkerikil karena cenderung retak Ketika dipancang. Biasanya diaplikasikan untuk bangunan yang permanen yang terletak diatas permukaan air, karena itu perlu diberi lapisan pelindung supaya tidak mudah rapuh.

2) *Sheet pile* beton

Sheet pile beton merupakan balok-balok beton yang dicetak sebleum dipasang dengan format tertentu. Balok-balok yang dihasilkan harus mengikat satu sama lain. Selain dirancang untuk kuat dan tahan untuk membendung benda yang berat.

3) *Sheet pile* baja

Sheet pile baja ini sangat dan bagus diterapkan untuk bangunan permanen atau sementara, karena lebih menguntungkan dan gampang penanganannya.

B. Pemecahan Masalah

Dari hasil analisis diatas maka dapat diketahui bahwa penyebab terjadinya penurunan balas karena kurangnya daya dukung tanah yang dikarenakan tanah memiliki kadar air yang tinggi sehingga terjadi kantung balas dimana balas yang awalnya berada diatas permukaan tanah menjadi turun dan masuk ke dalam tanah dasar. Serta terjadi penurunan balas / kelongsoran balas pada permukaan / balas atas. Berdasarkan hasil analisis tersebut upaya penanganan dan penyelesaiannya yaitu dengan cara sebagai berikut:

1. Pembersihan Balas

Langkah-langkah pembersihan balas yaitu:

- a. Keruk balas yang sudah tercampur dengan tanah beserta air ke arah 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.
- b. Memeriksa kedalaman kerukan dari posisi bawah bantalan sampai terlihat tanah yang kering dan tidak tercampur lumpur sehingga air genangan pada tubuh baan benar benar hilang.
 - c. Setelah balas diambil, balas diayak dengan kuat. Balas yang sudah diayak dipasang kembali dan kotoran sisa ayakan dibuang ke lereng.
 - d. Selanjutnya penambahan balas dilakukan secepat mungkin dengan balas yang baru sesuai dengan volume kekurangan balas yang dibutuhkan.
 - e. Lakukan pemadatan dengan menggunakan HTT (*Handle Tie Temper*) agar balas tersebar merata khususnya dibawah bantalan sehingga tidak menimbulkan rongga-rongga kosong pada bagian bawah bantalan.
2. Usulan Pemilihan Metode Perbaikan Tanah

Pemilihan metode perbaikan tanah yang diusulkan menggunakan metode *Grouting* dengan memasukkan bahan yang masih dalam keadaan cair untuk perbaikan tanah sehingga bahan tersebut akan mengisi semua lubang-lubang, kemudian setelah beberapa saat bahan tersebut akan mengeras dan menjadi satu kesatuan dengan tanah yang ada. Alur pekerjaan *Grouting* yakni:

a. *Joint Survey*

Untuk pemeriksaan bersama antara kontraktor, konsultan dengan pengguna jasa terkait posisi apakah sudah sesuai dengan gambar kerja atau belum pada saat pematokan titik *grouting*.

b. *Joint Inspection*

Pemeriksaan bersama terkait kerapihan, kesiapan, *setting* mesin, dan juga persiapan peralatan pada saat sbelum melakukan pemboran pada titik.

c. Pekerjaan *Drilling*

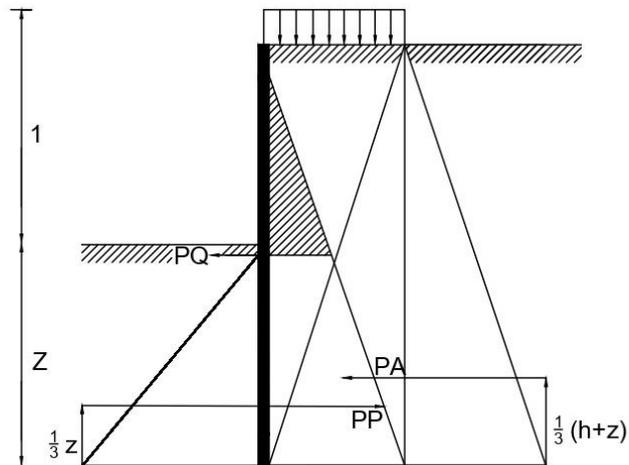
Bertujuan untuk membuat lubang yang nanti akan di *grouting* sesuai titik dengan metode *down stage*. Tahapan pekerjaan *drilling* meliputi:

- 1) Persiapan, seperti menyiapkan air untuk drilling dan penentuan titik yang akan di drilling
- 2) Pemasangan alat drilling (membutuhkan alat bantu seperti kunci pipa dan balok kayu).
- 3) Pemasangan stang drilling atau *roddrill*.
- 4) Dilanjutkan pengeboran atau *drilling*

d. Pekerjaan *Grouting* merupakan proses pencampuran antara semen dan air yang dimasukkan dalam tanah supaya tanah menjadi padat. Tahapan pekerjaan *grouting* meliputi:

- 1) Persiapan untuk menyiapkan bahan semen dan air yang digunakan untuk campuran *grouting* mulai dari campuran 1:10; 1:8; 1:6 tergantung kekentalan dengan melakukan pengujian dari yang paling encer sampai kekentalan yang sesuai hingga lubang terisi penuh. Menghitung berat jenis campuran 1 : 10 dihitung sebagai berikut (t/m^3) = (10 x berat jenis semen) + (1 x berat jenis air).
 - 2) Setelah bahan campuran semen dan air sudah siap langsung dimasukkan dalam colodial mixer (tempat untuk mencampur semen dan air dan bila perlu ditambah bentonite dan pasir halus). Bentonite berguna untuk memperlancar aliran injeksi yang masuk ke dalam lubang injeksi. Pada pembuatan campuran bentonite yang diizinkan adalah 2,0% dari berat semen yang digunakan.
 - 3) Setelah selesai dan tercampur merata dituangkan ke dalam corong atau hopper dan dialirkan ke tiap lubang yang akan di *grouting*.
 - 4) Dilakukan secara terus menerus sampai lubang terisi penuh.
3. Usulan Penanganan Penurunan Balas pada km 54+0 – 54 +800
- Dari hasil penelitian yang ada usulan untuk penanganan penurunan balas pada km 54+0 – 54+800 antara Stasiun Cisaat – Stasiun

Sukabumi adalah pemasangan turap baja (*sheet pile*) dipasang diantara rel dan drainase. Dengan pembahasan sebagai berikut:



Dilakukan asumsi dengan tiang panjang tegak lurus $\alpha = 0$ dengan tanah datar $\beta = 0$

Koefisien tekanan tanah pasif (K_p)

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) = 3$$

$$\phi = 30^\circ \quad \alpha = 0 \quad c$$

Koefisien tanah aktif (K_a)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,333$$

$$K_{ph}' = \frac{k_p}{f_s} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$Q = 1 \text{ ton}$$

$$\gamma = 1,502 \text{ ton/m}^3$$

a. Komponen Gaya (Diagram Tanah Yang Terjadi)

Tabel V. 1 Komponen Gaya (Diagram Tanah Yang Terjadi)

No	Nama	Uraian	Satuan Gaya (ton/m ²)
1	Pq	$Q \cdot k_a = 1 \times 0,333$	0,333
2	Pa	$\gamma \times K_{ah} \times (1+z) = 1.502 \times 0,333 \times (1+z)$	$0,500166 + 0,500166 z$
3	Pp	$\gamma \times K_{ph}' \times z = 1.502 \times 0,6 \times z$	$-0,901 z$

Sumber: hasil analisis, 2022

b. Gaya (Perhitungan Tekanan Tanah)

Tabel V. 2 Gaya (Perhitungan Tenakanan Tanah)

No	Nama	Uraian	Satuan Gaya (ton/m ²)
1	PQ	$Pq \times (1+z) = 0,333 \times (1+z)$	$0,333 + 0,333 z$
2	PA	$\frac{1}{2} \times pa \times (1+z) = (2,5+0,5002 z)(1+z) \times 0,5$	$0,500166 + 0,25083 z + 0,25083 z^2$
3	PP	$\gamma \times Kph' \times z \times z \times 0,5 = 0,901 z \times z \times 0,5$	$-0,4505 z^2$

Sumber: hasil analisis, 2022

c. Momen (Perhitungan Panjang Profil *Sheet Pile*)

Tabel V. 3 Momen (Perhitungan Panjang Profil Sheet Pile)

No	Gaya	Jarak	Momen
1	$0,333 + 0,333 z$	$(1+z) \times \frac{1}{2}$	$0,3333+0,16652 z+0,1665 z^2$
2	$0,500166 + 0,25083 z + 0,25083 z^2$	$(1+z) \times \frac{1}{3}$	$0,120166+0,25083 z+0,08361 z^2 + 0,8361 z^3$
3	$0,4505 z^2$	$\frac{1}{3} \times z$	$-0,150167 z^3$

Sumber: hasil analisis, 2022

Konstanta : $0,3333 + 0,120166$

Z : $0,16652 z + 0,25083 z$

Z² : $0,1665 z^2 + 0,08361 z^2$

Z³ : $0,8361 z^3 - 0,150167 z^3$

$\Sigma M = 0$

$0,833466 + 0,625995 + 0,5627475 - 2,315023875 = 0$

Dengan dicoba coba dapat nilai $Z = 1,5$ m

Dengan kondisi penurunan seperti itu perlu ditanggulangi dengan pemasangan turap baja (*sheet pile*) dengan kedalaman 6 m lebar 40 cm dan panjang lintas 800 m menyusuri jalan KA. Jumlah *sheet pile* yang dibutuhkan, bila menggunakan tipe U dengan dimensi panjang 12 meter, lebar 0,4 meter, tebal 0,15 meter, Bila di pancang sepanjang 800 meter, maka diperlukan *sheet pile* sebanyak:

$$\frac{\text{panjang yang akan dipancang}}{2 \times \text{lebar sheet pile}} = \frac{800\text{m}}{2 \times 0,4 \text{ m}} = 1000 \text{ batang}$$

Keterangan :

- Pa = Tekanan tanah aktif (t/m^2)
- Pp = Tekanan tanah pasif (t/m^2)
- γ = Berat isi tanah dibawah air (t/m^3)
- H = Jarak dari permukaan tanah (m)
- \emptyset = Sudut geser dalam untuk tanah (*)
- pq = komponen gaya, akibat adanya beban q
- pa = komponen gaya, akibat adanya tanah aktif
- pp = gaya akibat adanya tanah pasif
- Kph' = kekuatan tanah pasif dengan faktor keamanan
- PQ = gaya akibat beban q
- MPQ = momen akibat gaya PQ
- PA = gaya akibat adanya tanah pasif
- MPP = momen akibat gaya PP
- Q = beban
- γ = berat isi tanah
- Ka = koefisien tanah aktif
- Kp = koefisien tanah pasif

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan penyebab terjadinya penurunan balas yaitu terdapat kondisi *subgrade* yang tidak sesuai ketentuan serta rel kereta digunakan untuk mobilitas warga melakukan kegiatan sehari-hari dan bertambah dengan beban rangkaian kereta lapisan balas mendapatkan beban berupa tumbukan bantalan yang menghentak. Akibatnya terjadilah kantong balas dan tanah dasar (*subgrade*) menjadi lembek. Jika dibiarkan berkelanjutan kantong balas akan semakin melebar dan akan terjadi kecrotan (*mud pumping*) dimanamana.
2. Perbaiki tanah dasar (*subgrade*) dengan metode penyuntikan semen (*grouting*) menjadi metode usulan yang disarankan supaya tanah dasar menjadi keras sehingga daya dukung tanah mencukupi untuk menahan beban kereta api.
3. Dilakukan pembersihan balas pada lintas, setelah itu balas diayak dan dipisahkan. Balas yang masih bisa dipakai dipasang Kembali dan penambahan volume balas sesuai dengan peraturan yang ada.
4. Pada kondisi penurunan balas langkah yang sudah dilakukan oleh PT. KAI yaitu pemasangan cerucug rel pada pinggir badan jalan rel untuk penanganan sementara pencegahan penurunan/longsoran balas.
5. Usulan penanganan penurunan balas dilakukan pemasangan *sheet pile* dengan dimensi kedalaman 6 m lebar 40 cm sepanjang 800 m jumlah *sheet pile* yang dibutuhkan bila menggunakan tipe U dengan dimensi panjang 12 meter, lebar 0,4 meter, tebal 0,15 meter maka dibutuhkan sebanyak 1000 *sheet pile*.

B. Saran

Dengan dilakukannya penelitian ini penulis memberikan saran demi keamanan perjalanan kereta api yaitu:

1. Melakukan perbaikan drainase pada lintas sehingga tidak terjadi aliran air liar yang mengalir ke badan rel.
2. Melakukan upaya penanganan longsor pada tebing yang ada pada lintas sebagai upaya penanganan terjadinya longsor yang akan mengganggu perjalanan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2007. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No.23. Sekretariat Negara. Jakarta.
- _____, 2012. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Jakarta.
- _____, 2018. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 69 Tahun 2018 tentang Sistem Managemen Keselamatan Perkeretaapian. Jakarta.
- Andriansyah. 2015. Manajemen Transportasi Dalam Kajian dan Teori, Jakarta: Jurnal FISIP Universitas Prof. Dr. Moestopo Beragama.
- Das, Braja M. 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geometri). Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo. 2011. Tanah Longsor dan Erosi Kejadian dan Penanganannya. Yogyakarta: *Gajah Mada University Press*.
- K.H, Sunggono. 1982. Mekanika Tanah, Bandung: Nova.
- Manalu, Maria M.M. 2012. Peningkatan Daya Dukung Tanah Urugan Dengan Metode Grouting Di SMK Teuku Umar Semarang, Jawa Tengah, Semarang: PT. Selimut Bumi.



POLITEKNIK TRANSPORTASI
DARAT INDONESIA-STTD
D-III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
2022

DOKUMENTASI WAWANCARA
KEPALA RESORT JALAN DAN
JEMBATAN 1.19 SUKABUMI





PTDI - STTD
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA

KARTU ASISTENSI

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

NAMA : ARINA SUKMA NIRMALA PUTRI

NOTAR : 1903011

DOSEN : 1. Ir. SUHARTO, M.Sc.

2. Ir. SANTAUSA P. SALIM, MM

JUDUL KKW : EVALUASI PENUKUNAN BALAS PADA KM 51+0 - KM 51+800
ANTARA STASIUN CISAAT - STASIUN SUKABUMI

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
1.	28/22 6	- DISKUSI JUDUL KFW - PERBAIKAN OUTPUT KFW YANG DIAMBIL - MENAIKKAN CBR TANAH		2.	29/22 6	- PEMBAHASAN JUDUL + GARIS BESAR KFW	
2.	20/22 7	- PEMBAHASAN ANALISIS - PEMBAHASAN OUTPUT - PERBAIKAN SUBGRADE		2.	15/22 7	- MEMBERI BATASAN MASALAH SAAT PAPARAN - MENENTUKAN DAMPAK DAN PENANGANAN YANG DILAKUKAN PT. KAI - MENPELAJARI TENTANG CBR	
3.	22/22 7	- PEMBAHASAN DINDING PENAHAN TANAH		3.	20/22 7	- Perbaikan Analisis - Pelengkapan data - MENGAKI REFERENSI PADA BUKU / INTERNET	

NO	TGL	KETERANGAN	PARAF	NO	TGL	KETERANGAN	PARAF
4.	25/7 22	- PEMBAHASAN SHEET PILE - CARA KERJA DINDING PENAHAN TANAH		4.	21/7 22	- PENANGANAN LONGSORAN - PENYEBAB TANAH TUKUN - CARA PEMADATAN TANAH	
5.	26/7 22	- PEMBAHASAN BAB V		5.	22/7 22	- ZOOM DINDING PENAHAN TANAH - PENANGANAN LONGSOR	
6.	28/7 22	- PEMBAHASAN OUTPUT KEW		6.	28/7 22	- PEMBAHASAN BAB V - RUMUS PERHITUNGAN SHEET PILE	
				7.	29/7 22	- PENGESAHAN FKW	

