

JURNAL REKAYASA

TEKNIK SIPIL STTC

ANALISIS KINERJA SALURAN INDUK MANEUNGTEUNG KEPALA DAERAH IRIGASI CIKEUSIK KABUPATEN CIREBON <i>Suyatno¹, Sonie Apriyanto²</i>	6
EVALUASI KONSTRUKSI JALAN REL BAGIAN ATAS PETAK JALAN DARI STASIUN CIREBON SAMPAI DENGAN STASIUN CANGKRING <i>Dedi Sunendi¹, Dedi Hermawan²</i>	12
EVALUASI MANAJEMEN KONSTRUKSI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG ADMINISTRASI DAN GEDUNG SERBAGUNA RSUD ARJAWINANGUN KABUPATEN CIREBON <i>Gusti Artha Gumilang¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³</i>	25
OPTIMALISASI KETERSEDIAAN AIR IRIGASI TERHADAP RENCANA POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI CIWARINGIN KABUPATEN CIREBON <i>Siti Nur Rohmah¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³</i>	33
PERENCANAAN PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI HDPE Ø 300 MM CROSSING REL KERETA API DI JL. RA KARTINI KOTA CIREBON DENGAN METODE JACKING SYSTEM <i>Yuriska Nur Larasati¹, Lia Amaliah², Asep Kusmara³</i>	48
RENCANA PERBAIKAN RIGID PAVEMENT DI GERBANG TOL (GT) KANCI PT. JASA MARGA CABANG PALIMANAN-KANCI <i>Angga Aradea¹, Edi Rohadi², Dertawan Widagdo³</i>	62
KINERJA LALU LINTAS JL. SILIWANGI S/D JL. VETERAN AKIBAT PENGARUH REVITALISASI TAMAN KOTA KUNINGAN <i>Rizal Nurul Al'Fath¹, Adil Prayitno²</i>	75
ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR DI DISTRIK METER AREA (DMA) PERUM BUMI KEPONGPONGAN INDAH KABUPATEN CIREBON <i>Mahmud Yunus¹, Lia Amaliah², Elgri Yugawati Wisesa³</i>	81
ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR PASAR CILIMUS KABUPATEN KUNINGAN <i>Ineu Aisyah¹, Adil Prayitno²</i>	89
EVALUASI TRAYEK ANGKUTAN UMUM RUTE SADAMANTRA-KUNINGAN KOTA KABUPATEN KUNINGAN <i>Nila Juwita Rahmawati¹, Dedi Hermawan²</i>	97
EVALUASI KELAIKAN PEMASANGAN KARET BERPELINDUNG BAJA PADA BENDUNG KARET JAMBLANG KABUPATEN CIREBON <i>Adis Ramdhani¹, Sonie Apriyanto²</i>	104
ANALISIS DEBIT BENDUNG CISADAP UNTUK KEBUTUHAN AIR IRIGASI D.I BABAKAN KECAMATAN KETANGGUNGAN KABUPATEN BREBES <i>Wahyudi¹, Sonie Apriyanto²</i>	120
KEBUTUHAN PERALATAN MEKANIS DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPAS) GUNUNG SANTRI DI KABUPATEN CIREBON <i>Imam Saofi¹, Nono Carsono², Dennis Bintang Nugroho³</i>	129



KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC adalah jurnal yang diperuntukan bagi mahasiswa dan dosen program studi teknik sipil dalam menyebarkan ilmu pengetahuan melalui penelitian dan pengabdian dengan ruang lingkup penelitian dan pengabdian mengenai ilmu teknik sipil diantaranya bidang keilmuan struktur bangunan, geoteknik, manajemen konstruksi, hidrologi, dan transportasi.

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC menyambut baik kontribusi yang mempromosikan pertukaran ide. dan wacana rasional antara pendidik, praktisi dan peneliti teknik sipil.

Hasil kajian dan penelitian dalam Jurnal ini didedikasikan untuk memajukan batas pengetahuan dan teknologi dengan mendorong penelitian lintas disiplin dan aplikasi inovatif dalam proyek-proyek rekayasa teknik sipil. Semoga hasil kajian dan penelitian pada **Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC** Volume 03 No. 01 April 2025 ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada keilmuan teknik sipil.

Hormat Saya,
Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM

TIM PENGELOLA

Penanggung Jawab

Ketua Program Studi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon, Indonesia

Sekretaris

Ir. Dertawan Widagdo, S.T., M.T., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Editor

Lia Amaliah, S.T., M.Si. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

H. Edi Rohadi, S.T., M.T. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Neti Nuryati, SPd., M.P.Mat. | Sekolah Tinggi Sains Islam Bina Cendekia Utama Cirebon

Ir. H. Sumarman, M.T. | Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

Managing Editor

Nono Carsono, ST, MT | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

IT Manager

R. Radian Baratasena, S.Kom., M.Kom | Sekolah Tinggi Ilmu Komputer POLTEK Cirebon

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

© Redaksi Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

Gd.Lt.1 Jl.Evakuasi No.11, Cirebon 45135

Telp. (0231) 482196 - 482616 Fax. (0231) 482196 E-mail jurnaltekniksipil@sttcirebon.ac.id

website : <http://ejournal.sttcirebon.ac.id/Jts>

MITRA BESTARI

Dr. Iwan Purnama, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Adam Safitri, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Eka Widiyananto, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Nurhidayah, S.T., M.Ars. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Ir. Atie Tri Juniati, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Pancasila Jakarta.

Dr. Ir., Martinus Agus Sugiyanto, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Dr. Jimat Susilo, S.Pd., M.Pd. | Prodi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Abdul Khamid, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Muhadi Setiabudi Brebes.

Agung Biantoro, S.T., M.T. | Prodi Teknik Mesin | Universitas Mercu Buana Jakarta.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
TIM PENGELOLA	3
MITRA BESTARI	4
DAFTAR ISI.....	5
ANALISIS KINERJA SALURAN INDUK MANEUNGTEUNG KEPALA DAERAH IRIGASI CIKEUSIK KABUPATEN CIREBON <i>Suyatno¹, Sonie Apriyanto²</i>	6
EVALUASI KONSTRUKSI JALAN REL BAGIAN ATAS PETAK JALAN DARI STASIUN CIREBON SAMPAI DENGAN STASIUN CANGKRING <i>Dedi Sunendi¹, Dedi Hermawan²</i>	12
EVALUASI MANAJEMEN KONSTRUKSI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG ADMINISTRASI DAN GEDUNG SERBAGUNA RSUD ARJAWINANGUN KABUPATEN CIREBON <i>Gusti Artha Gumilang¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³</i>	25
OPTIMALISASI KETERSEDIAAN AIR IRIGASI TERHADAP RENCANA POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI CIWARINGIN KABUPATEN CIREBON <i>Siti Nur Rohmah¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³</i>	33
PERENCANAAN PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI HDPE Ø 300 MM CROSSING REL KERETA API DI JL. RA KARTINI KOTA CIREBON DENGAN METODE JACKING SYSTEM <i>Yuriska Nur Larasati¹, Lia Amaliah², Asep Kusmara³</i>	48
RENCANA PERBAIKAN RIGID PAVEMENT DI GERBANG TOL (GT) KANCI PT. JASA MARGA CABANG PALIMANAN-KANCI <i>Angga Aradea¹, Edi Rohadi², Dertawan Widagdo³</i>	62
KINERJA LALU LINTAS JL. SILIWANGI S/D JL. VETERAN AKIBAT PENGARUH REVITALISASI TAMAN KOTA KUNINGAN <i>Rizal Nurul Al'Fath¹, Adil Prayitno²</i>	75
ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR DI DISTRIK METER AREA (DMA) PERUM BUMI KEPONGPONGAN INDAH KABUPATEN CIREBON <i>Mahmud Yunus¹, Lia Amaliah², Elgri Yugawati Wisesa³</i>	81
ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR PASAR CILIMUS KABUPATEN KUNINGAN <i>Ineu Aisyah¹, Adil Prayitno²</i>	89
EVALUASI TRAYEK ANGKUTAN UMUM RUTE SADAMANTRA-KUNINGAN KOTA KABUPATEN KUNINGAN <i>Nila Juwita Rahmawati¹, Dedi Hermawan²</i>	97
EVALUASI KELAIKAN PEMASANGAN KARET BERPELINDUNG BAJA PADA BENDUNG KARET JAMBLANG KABUPATEN CIREBON <i>Adis Ramdhani¹, Sonie Apriyanto²</i>	104
ANALISIS DEBIT BENDUNG CISADAP UNTUK KEBUTUHAN AIR IRIGASI D.I BABAKAN KECAMATAN KETANGGUNGAN KABUPATEN BREBES <i>Wahyudi¹, Sonie Apriyanto²</i>	120
KEBUTUHAN PERALATAN MEKANIS DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPAS) GUNUNG SANTRI DI KABUPATEN CIREBON <i>Imam Saofi¹, Nono Carsono², Dennis Bintang Nugroho³</i>	129

EVALUASI KONSTRUKSI JALAN REL BAGIAN ATAS PETAK JALAN DARI STASIUN CIREBON SAMPAI DENGAN STASIUN CANGKRING

Dedi Sunendi¹, Dedi Hermawan²

Program Studi Teknik Sipil – Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

sunendidedi@gmail.com¹, dedi2268@yahoo.com²

ABSTRAK

Petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring merupakan petak jalan yang paling padat untuk Wilayah Daop 3 Cirebon karena merupakan titik pertemuan kereta api jalur utara dan selatan. Lintas utara yaitu kereta api yang menuju atau dari Stasiun Semarang dan seterusnya, sedangkan lintas selatan adalah kereta api yang menuju atau dari Stasiun Purwokerto dan seterusnya. Perhitungan atau perencanaan dalam pembuatan dan pemeliharaan jalan rel sangat detail. Suatu contoh dalam pembuatan geometri jalan rel, dengan menggunakan perhitungan dan perencanaan yang matang penumpang kereta api tidak akan merasakan adanya lengkung tersebut. Umur konstruksi jalan rel yang tergolong tidak muda lagi karena merupakan peninggalan jaman belanda untuk jalur hulu, sedangkan untuk jalur hilir merupakan pengembangan jalan rel sesuai kebutuhan angkutan rel yang sekarang. Umur dan kepadatan perjalanan tersebut perlu dihitung dan dievaluasi kembali untuk memastikan kapasitas angkut pada lintas, beban gandar dan jenis rel yang digunakan sesuai dengan yang disyaratkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Atas dasar itu penyusun tertarik mengambil topik Tugas Akhir tentang “Evaluasi konstruksi Jalan Rel Bagian Atas Dari Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring.”

Kata kunci : Beban Gandar, Kapasitas Angkut, Geometri Jalan Rel.

ABSTRACT

The road patch from Cirebon Station to Cangkring Station is the most congested road patch for the Cirebon Daop 3 Region because it is the meeting point of the north and southbound trains. The northern line is the train heading or from Semarang Station and so on, while the southern line is the train heading or from Purwokerto Station and so on. Calculation or planning in the manufacture and maintenance of rail roads is very detailed. An example in making railroad geometry, using careful calculation and planning, train passengers will not feel the curve. The age of railroad construction is no longer young because it is a relic of the Dutch era for upstream lines, while for downstream lines it is a railroad development according to the current needs of rail transportation. The age and density of the trip need to be calculated and re-evaluated to ensure the carrying capacity of the crossing, axle load and type of rail used as required by the Minister of Transportation Regulation No. 60 of 2012 concerning Technical Requirements for Railway Lines. On that basis, the authors are interested in taking the topic of the Final Project on “Evaluation of the construction of the Upper Railroad From Cirebon Station to Cangkring Station.”

Keywords: Axle Load, Carrying Capacity, Railway Geometry.

I. PENDAHULUAN

Perjalanan kereta api di Daop 3 Cirebon termasuk padat khususnya perjalanan kereta api jarak jauh karena merupakan pertemuan kereta api dari jalur utara dan jalur selatan. Lintas utara yaitu kereta api yang menuju atau dari Stasiun Semarang dan seterusnya, sedangkan lintas selatan adalah kereta api yang menuju atau dari Stasiun Purwokerto dan seterusnya.

Titik pertemuan antara kedua lintas tersebut berada di Stasiun Cirebonprujakan baik dari ataupun yang akan menuju Jakarta seperti Stasiun Jatinegara, Stasiun Pasar Senen, Stasiun Gambir, dan Stasiun Jakarta Kota. Perjalanan kereta api lintas Cirebon-Cikampek adalah perjalanan kereta api pertemuan antara jalur utara dan selatan. Dan petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring ada di dalamnya.

Kepadatan perjalanan tersebut perlu dihitung untuk memastikan apakah kapasitas lintas, beban gandar dan kecepatan maksimum kereta api serta geometri jalan rel sesuai atau tidak dengan spesifikasi yang tertuang dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor. PM 60 Tahun 2012. Hal ini berkaitan dengan keselamatan perjalanan kereta api, karena kepadatan perjalanan tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap perubahan ataupun kerusakan kontruksi jalan rel baik bagian atas maupun bagian bawah.

Prasarana kereta api khususnya konstruksi jalur kereta api termasuk salah satu faktor utama dalam kelancaran pengoperasian kereta api, sehingga kondisi dari konstruksi jalur kereta api harus laik dan aman untuk dilalui kereta api. Apabila tidak laik secara langsung berpengaruh terhadap perjalanan kereta api. Peranan dari konstruksi jalur kereta api memegang kedudukan yang sangat penting karena prasarana kereta api merupakan salah satu faktor utama dalam kelancaran dan keselamatan perjalanan angkutan penumpang dan angkutan barang, oleh karena itu perlu adanya perencanaan pembangunan sesuai dengan aturan yang berlaku.

Kereta api sebagai moda transportasi tidak luput dari kecelakaan. Adapun kecelakaan kereta api dikategorikan beberapa hal, diantaranya adalah pengaturan/aturan (regulation), sarana (rollingstock), prasarana (infrastructure), dan pengendalian/ pengawasan (control and oversight). Kecelakaan yang disebabkan oleh prasarana antara lain konstruksi jalan rel yang tidak sesuai dan faktor alam seperti longsoran dan amblesan. Kecelakaan pada kategori prasarana tersebut dapat diminimalisir ataupun dihilangkan dengan perencanaan dan perawatan yang tepat. Masalah yang sering timbul setelah jalan rel itu dibuat

adalah teknis perawatan yang dilakukan. Perawatan jalan rel harus dilakukan sesuai dengan SOP yaitu mengembalikan kondisi jalan rel sesuai dengan yang seharusnya yakni sesuai Peraturan Menteri Perhubungan PM no. 60 Tahun 2012, Peraturan Dinas no. 10, dan Peraturan Dinas no. 10A. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis ingin mengkaji tentang Evaluasi Kontruksi Jalan Rel Bagian Atas Petak Jalan Dari Stasiun Cirebon s/d Stasiun Cangkring.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perumusan masalah pada tugas akhir ini didapat suatu uraian diantaranya :

1. Berapakah beban gandar yang melewati jalan rel petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring?
2. Berapakah kapasitas lintas petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring?
3. Bagaimanakah geometri jalan rel dan tipe rel yang ada pada petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan permasalahan berdasarkan judul pada tugas akhir ini, ada beberapa batasan yang dipakai dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang beban gandar, kapasitas lintas, jenis rel dan geometri jalan rel.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang konstruksi bagian atas jembatan pada jalan rel.
3. Penelitian ini tidak membahas tentang konstruksi jalan rel bagian bawah.
4. Penelitian ini tidak membahas tentang konstruksi wesel.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui beban gandar yang melewati jalan rel petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring.
2. Mengetahui kapasitas lintas jalan rel petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring.
3. Mengetahui geometri jalan rel dan tipe rel yang ada pada petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring.

1.5 Manfaat Hasil Penelitian

1. Diharapkan dapat digunakan sebagai bahan kajian ilmu perkeretaapian khususnya konstruksi jalan rel bagian atas.
2. Diharapkan dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian-penelitian yang akan datang dalam konteks permasalahan yang berkaitan dengan konstruksi jalan rel bagian atas.
3. Diharapkan dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran pada materi Jalan Rel.
4. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan/referensi PT Kereta Api

5. Indonesia (Pesero) Daop 3 Cirebon dalam pemeliharaan jalan rel petak jalan Stasiun Cirebon – Stasiun Cangkring.
6. Diharapkan hasil penelitian ini menambah pengetahuan masyarakat tentang ilmu perkeretaapian khususnya konstruksi jalan rel bagian atas.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Kereta Api

Menurut peraturan menteri perhubungan nomor PM 60 tahun 2012 pengertian kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Sedangkan 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.

Kereta api mempunyai banyak jenis dan macamnya disesuaikan menurut sifat, kegunaan dan metode pengoperasiannya. Sebagaimana menurut peraturan dinas 19 Jilid I tahun 2012 kereta api dibedakan menjadi:

1. Menurut sifatnya: kereta api biasa, fakultatif, dan kereta api luar biasa.
2. Menurut kegunaannya: kereta api penumpang, barang, dan dinas.
3. Menurut metode pengoperasiannya: kereta api antar stasiun, konvoi, dan lokomotif pendorong.

2.2 Lokomotif

Menurut peraturan dinas 16A jilid I tahun 2012 pengertian lokomotif adalah sarana kereta api yang memiliki penggerak sendiri yang bergerak dan digunakan untuk menarik dan/atau mendorong kereta, dan/atau peralatan khusus dan tidak untuk mengangkut penumpang dan/atau barang

2.3 Kereta

Menurut peraturan menteri perhubungan nomor PM 54 Tahun 2016 pengertian kereta adalah sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif atau mempunyai penggerak sendiri yang digunakan untuk mengangkut orang.

2.4 Gerbong

Menurut peraturan menteri perhubungan nomor PM 54 Tahun 2016 pengertian adalah sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif yang digunakan untuk mengangkut barang.

2.5 Peralatan khusus

Menurut peraturan menteri perhubungan nomor PM 54 Tahun 2016 pengertian peralatan khusus adalah sarana perkeretaapian yang tidak digunakan untuk

angkutan penumpang atau barang tetapi untuk keperluan khusus.

Tabel 1. Berat Lokomotif, Kereta dan Gerbong Lokomotif

NOMOR LOKOMOTIF	BERAT (TON)	KECEPATAN MAXIMUM
BB200	70	110 km/jam
BB201	74	120 km/jam
BB202	62	100 km/jam
BB203	81	90 km/jam
BB204	51,7	60 km/jam
CC200	96	100 km/jam
CC201	82	120 km/jam
CC202	108	80 km/jam
CC203	84	120 km/jam
CC204	84	120 km/jam
CC205	106,5	80 km/jam
CC206	89	120 km/jam
BB300	33,6	75 km/jam
BB301	48	50 km/jam
BB302	40,9	80 km/jam
BB303	39,6	90 km/jam
BB304	48	120 km/jam
BB305	33,7	120 km/jam
BB306	37,5	75 km/jam
C300	28	30 km/jam
C301	13,85	30 km/jam
CC300	84	120 km/jam
D300	32	50 km/jam
D301	26,6	50 km/jam

Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

Tabel 2. Berat gerbong

JENIS	NOMOR GERBONG	BERAT MUAT (TON)	BERAT KOSONG (TON)
Datar	GD 54 TON	54	15
	GD 42 TON	42	14,5
	GD 45 TON	45	26
Terbuka	GB 50 TON	50	22
Tertutup	GT 50 TON	50	22
Ketel	GK 40 TON	40	20
	GK 30 TON	30	17
	GK 30 TON	30	17
Bagasi	B 20 TON	20	36

Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

Tabel 3. Berat Kereta

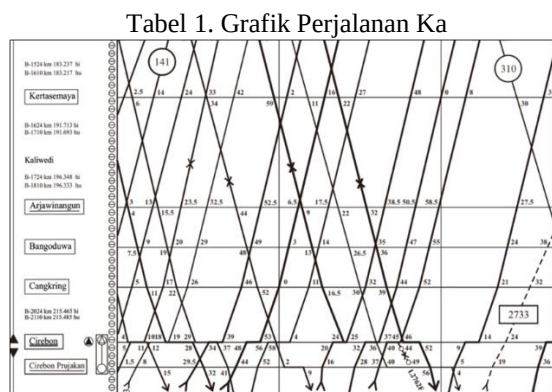
NOMOR	JENIS KERETA	BERAT (TON)
1	Luxury	43
2	K1 Wisata	43
3	K1 NI	44
4	K1	43
5	K1 SS	44
6	M1	41
7	MP1	41

8	K2	37
9	KMP2	40
10	MP2	40
11	K3 AC Split	37
12	K3	37
13	K3 NI	37
14	K3 Premium	37
15	K3 SS	44
16	KP3	36
17	KMP3	36
18	MP3	40
19	B	52
20	P	43

Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

2.6 Frekuensi Perjalanan Kereta Api

Frekuensi perjalanan adalah jumlah perjalanan sebenarnya yang telah melewati jalur tertentu. Banyaknya frekuensi yang terjadi dalam satu jalur dapat kita lihat pada Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA). Frekuensi keberangkatan rangkaian kereta api bergantung pada tingkat kedatangan dari penumpang ataupun barang yang diangkut. Semakin tinggi tingkat kedatangan maka frekuensi keberangkatan juga akan semakin tinggi.

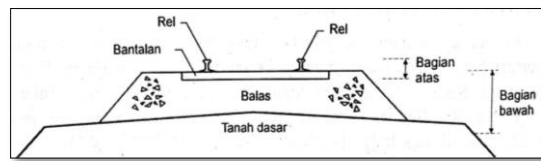


Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

2.7 Jalan Rel

Menurut peraturan dinas 10A pengertian 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.

Konstruksi jalan rel bagian atas harus memenuhi persyaratan geometri, ruang bebas, beban gandar dan frekuensi perjalanan kereta api. Sedangkan konstruksi jalan rel bagian bawah harus memenuhi persyaratan stabilitas dan daya dukung.



Gambar 1. Konstruksi Jalan Rel

Sumber: Hapsoro (2013:19)

Persamaan rumus untuk mencari gaya adalah sebagai berikut:

$$Pg = \frac{\text{Berat Sarana Perkeretaapian (W)}}{\text{Jumlah Gandar}}$$

$$Ps = \frac{\text{Gaya gandar}}{2}$$

Dimana:

Pg = Gaya gandar

Ps = Gaya roda statis

2.8 Jalan Rel Menurut Lebar Sepur

Tabel 2. Ukuran Lebar Sepur

Lebar Sepur (mm)	Digunakan di negara	Kelompok
1067	Indonesia, Jepang, Australia, Afrika Selatan	Sepur Sempit
1435	Amerika, Jepang, beberapa negara Eropa, Turki, Iran	Sepur Standar
1672	Spanyol, Portugal, Argentina	Sepur Lebar
1676	India	Sepur Lebar
1524	Rusia, Finlandia	Sepur Lebar
762	India	Sepur Sempit
1000	Myanmar, Thailand, Malaysia, India	Sepur Sempit

Sumber: Hapsoro (2013:23)

2.9 Jalan Rel Menurut Kecepatan Maximum

Tabel 3. Kecepatan Maximum Sesuai Kelas Jalan

Kelas Jalan Rel	Kecepatan Maksimum (km/jam)
I	120
II	110
III	100
IV	90
V	80

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan PM. 60 Tahun 2012

Dalam perencanaan jalan rel maka ditentukan kecepatan rencana yang digunakan adalah sebagai berikut:

Perencanaan struktur jalan rel

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$$

Perencanaan peningian

$$V_{rencana} = C \times \frac{\sum Ni \times Vi}{\sum Ni}$$

Dimana:

C = 1,25

Ni = jumlah kereta yang lewat

Vi = kecepatan operasi

Perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

V rencana = V maks

2.10 Jalan Rel Menurut Kelandaian

Pengelompokan lintas jalan rel menurut kelandaian yang digunakan di Indonesia ialah seperti yang ditunjukkan pada tabel 7 di bawah ini:

Tabel 4. Pengelompokan Lintas

Kelompok Lintas Jalan Rel	Kelandaian (%)
Emplasemen	0 – 1,5
Lintas datar	0 – 10
Lintas pegunungan	10 – 40
Lintas dengan rel bergigi	40 – 80

Sumber: Peraturan Dinas No. 10 Tahun 2012

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan. Landai penentu juga menentukan kelas jalan pada suatu lintas, seperti terlihat pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 5. Landai Penentu

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
I	10 ‰
II	10 ‰
III	20 ‰
IV	25 ‰
V	25 ‰

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan PM. 60 Tahun 2012

2.11 Jalan Rel Menurut Kapasitas Angkut Lintas

Untuk menghitung besarnya kapasitas angkut (passing ton) lintas, PT Kereta Api Indonesia menggunakan cara perhitungan berdasarkan persamaan di bawah ini:

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

$$TE = Tp + (Kb \times Tb) + (K_1 \times T_1)$$

Dimana:

T = Kapasitas angkut lintas (ton/tahun)

TE = Tonase ekivalen (ton/hari)

Tp = Tonase penumpang dan kereta harian

Tb = Tonase barang dan gerbong harian

T₁ = Tonase lokomotif harian

S = Koefesien yang besarnya tergantung pada kualitas lintas

Kb = Koefesien yang besarnya tergantung pada beban gandar

K₁ = Koefesien yang besarnya ditentukan sebesar 1,4

2.12 Rel

Rel merupakan struktur balok menerus yang diletakkan pada bantalan yang berfungsi sebagai penuntun dan mengarahkan pergerakan roda kereta api (Atmaja, 2016:121). Rel juga berfungsi sebagai struktur pengikat dalam pembentukan struktur jalan rel yang kokoh. Rel ditumpu oleh bantalan-bantalan sehingga rel merupakan batang yang ditumpu oleh penumpu-penumpu. Pada sistem tumpuan yang sedemikian, tekanan tegak lurus dari roda menyebabkan momen lentur pada rel di antara bantalan-bantalan. Selain itu gaya arah horizontal yang disebabkan oleh gaya angin, goyangan kereta api, dan gaya sentrifugal (pada rel sebelah luar) menyebabkan terjadinya momen lentur arah horizontal.

Tabel 6. Karakteristik Rel

Karakteristik Rel		Tipe Rel			
Karakteristik	Notasi / Satuan	R 42	R 50	R 54	R 60
Tinggi Rel	H (mm)	138	153	159	172
Lebar kaki	B (mm)	110	127	140	150
Lebar kepala	C (mm)	68,5	65	70	74,3
Tebal badan	D (mm)	13,5	15	16	16,5
Tinggi kepala	E (mm)	40,5	49	49,4	51
Tinggi kaki	F (mm)	23,5	30	30,2	31,5
Jarak tepi bawah kaki rel ke garis horizontal dari pusat kelengkungan badan rel	G (mm)	72	76	74,97	80,95
Jari-jari kelengkungan badan rel	R (mm)	320	500	508	120
Luas penampang	A (cm ²)	54,26	64,2	69,34	76,86
Berat rel	W (kg/m)	42,59	50,4	54,43	60,34
Momen inersia terhadap sumbu X	cm ⁴	1.369	1.960	2.346	3.055
Jarak tepi bawah kaki rel ke garis netral	Yb (mm)	68,5	71,6	76,2	80,95

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan PM. 60 Tahun 2012

2.13 Dasar Perhitungan Tipe Rel Yang Digunakan

Secara umumnya, alur perhitungan dimensi rel menggunakan persamaan berikut ini:

1. Menghitung dumping factor

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$$

Dimana:

λ = dumping faktor

k = modulus kekakuan jalan rel (180kg/cm²)

E = modulus elastisitas rel (2,1x10⁶ kg/cm²)

I_x = momen inersia rel pada sumbu x-x

2. Untuk reduksi perhitungan momen akibat konfigurasi roda 4 (BB):

$$Ma = 0,75 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

3. Untuk reduksi perhitungan momen akibat konfigurasi roda 6 (CC):

$$Ma = 0,82 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

4. Jika konfigurasi roda tidak diperhitungkan:

$$Ma = 0,85 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

Dimana:

Untuk transformasi gaya statis roda menjadi gaya dinamis roda digunakan persamaan Talbot sebagai berikut:

$$Pd = Ps + 0,01Ps \left(\left(\frac{V}{1,609} \right) - 5 \right)$$

Pd = gaya dinamis roda (ton)

Ps = gaya statis roda (ton)

V = kecepatan kereta api (km/jam)

Ma = Momen maksimum

5. Menghitung tegangan ijin kelas jalan

$$\sigma = \frac{M \times y}{I_x}$$

Dimana:

σ = tegangan yang terjadi pada rel

M = 0,85 Mo (akibat super posisi beberapa gandar)

y = jarak tepi bawah rel ke garis netral

I_x = momen inersia rel terhadap sumbu x-x

6. Menghitung tegangan yang terjadi di dasar rel

$$Sbase = \frac{Ma}{Wb}$$

Dimana:

Sbase = tegangan di dasar rel

Wb = tahanan momen dasar rel

2.14 Umur Rel

Panjang pendeknya umur rel ditentukan oleh mutu rel (berkaitan dengan komposisi bahan kimia penyusun rel), keadaan dan beban yang bekerja (daya angkut lintas). Dalam perencanaan struktur rel, perencanaan umur rel diperlukan untuk memperkirakan umur aus, pemeliharaan dan tahun penggantian rel. Demikian ini dipertimbangkan untuk merencanakan keselamatan pergerakan kereta api di atas rel.

AREA (American Railway Engineering Association) menurunkan model persamaan emperik umum yang digunakan untuk menentukan umur rel berdasarkan keausan yaitu:

$$T = K \times W \times D^{0,565}$$

Dimana:

T = Umur rel (juta ton)

K = Konstanta kondisi rel

W = Berat rel (lb/yd)

D = Daya angkut lintas (juta ton per tahun/million gross ton, MGT)

Dimana 1 MGT = 0,909 Juta ton

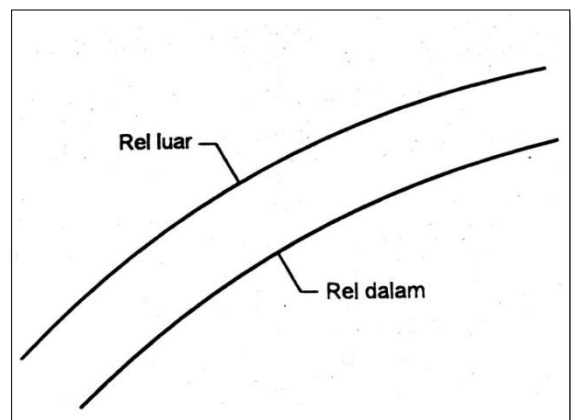
Tabel 7. Hubungan diantara jari-jari lengkung terhadap nilai K

Jari-jari Lengkung	Perbandingan dengan umur jalan lurus	
	Tanpa Pelumasan	Dengan Pelumasan
0-3500	1	1
3500-1165	0,87	1
1165-700	0,74	0,88
700-500	0,61	0,73
500-390	0,49	0,70
390-320	0,38	0,62
320-270	0,30	0,55
270-230	0,22	0,48
230-200	0,16	0,44
200-185	0,12	0,40
<185	0,10	0,37

Sumber: Hay (1982)

2.15 Lengkung Horizontal

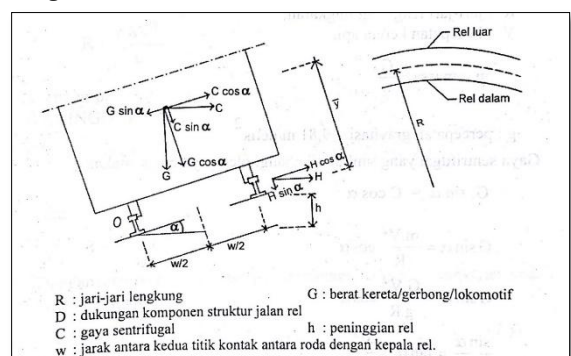
Apabila dua bagian lintas lurus yang perpanjangannya bertemu membentuk sudut, maka dua bagian tersebut harus dihubungkan dengan sebuah lengkung horizontal. Lengkung horizontal dimaksudkan untuk mendapatkan perubahan secara berangsur-angsur arah alinemen horizontal sepur.



Gambar 2. Lengkung Horizontal

a. Lengkung Lingkaran

Pada saat kereta api melalui lengkung horizontal, kedudukan kereta/gerbong/lokomotif, gaya berat kereta, gaya sentrifugal yang timbul dan dukungan komponen struktur jalan rel dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Kedudukan Kereta/Gerbong/Lokomotif Pada Saat Melalui Lengkung Horizontal

Rumus mencari jari-jari minimum dengan pertinggian:

$$R_{\text{minimum}} = 0,054 \times V^2$$

rumus mencari jari-jari minimum tanpa pertinggian:

$$R_{\text{minimum}} = 0,164 \times V^2$$

Dengan:

R_{minimum} = jari-jari minimum (dalam meter)

V = kecepatan perancangan (km/jam)

b. Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi daripada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Peninggian rel normal berdasarkan pada kondisi komponen jalan rel tidak ikut menahan gaya sentrifugal. Pada kondisi ini gaya sentrifugal sepenuhnya diimbangi oleh gaya berat saja.

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

Dengan:

V = kecepatan perancangan (km/jam)

R = jari-jari lengkung horizontal

h_{normal} = peninggian normal

c. Lengkung Peralihan

Untuk mengurangi pengaruh gaya sentrifugal sehingga penumpang kereta api tidak terganggu kenyamanannya. Dapat digunakan lengkung peralihan (transition curve). Panjang lengkung peralihan tergantung pada perubahan gaya sentrifugal tiap satuan waktu, kecepatan dan jari-jari lengkung lingkaran.

Rumus panjang lengkung peralihan adalah:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

Dengan:

L_h = panjang minimum lengkung peralihan (m)

H = peninggian rel pada lengkung lingkaran (mm)

V = jari-jari lengkung lingkaran (m)

d. Perlebaran Sepur

Untuk lebar sepur 1067 mm PT Kereta Api Indonesia (Persero) menggunakan $c = 4$ mm. dengan digunakannya R dalam satuan m. maka apabila jarak gandar depan terhadap gandar belakang (d) = 3 meter (3000 mm), diperoleh:

$$p = \frac{4500}{R} - 8$$

Dan apabila jarak gandar depan terhadap gandar belakang (d) = 4 meter (4000 mm), diperoleh:

$$p = \frac{8000}{R} - 8$$

Dengan:

p = perlebaran sepur (mm)

R = jari-jari lengkung tikungan (m)

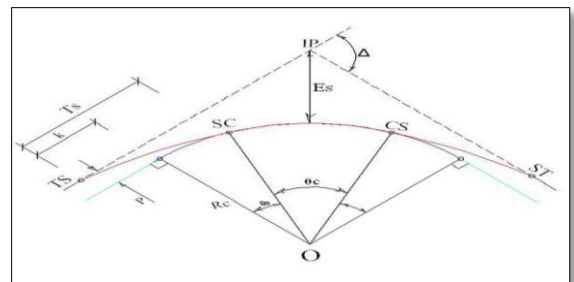
Tabel 8. Perlebaran Sepur Yang Digunakan PT KAI (Persero)

Jari-jari lengkung horizontal (meter)	Perlebaran sepur (mm)	Lebar sepur menjadi (mm)
$R > 850$	0	1067
$550 < R < 850$	5	1072
$400 < R < 550$	10	1077
$350 < R < 400$	15	1082
$100 < R < 350$	20	1087

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan PM. 60 Tahun 2012

2.16 Alur Perhitungan Lengkung Horizontal

1. Proyeksi Lengkung Horizontal



Gambar 3. Proyeksi Lengkung Horizontal

2. Menghitung panjang lengkung

$$L_h = L_s = 0,01 \times h \times V$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

3. Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

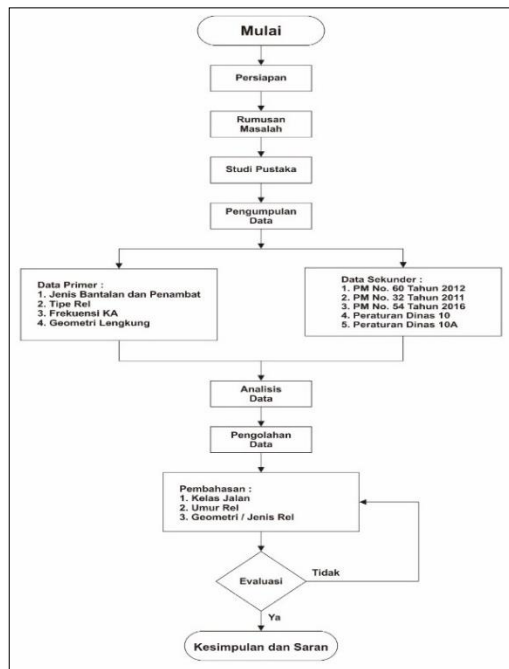
4. Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

III. METODELOGI

Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Jalan rel petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring merupakan wilayah Upt Resor 3.8 Cirebon yang dulunya UPT Resor Jalan Rel 3.10 Cirebon diubah mulai bulan Maret 2021. Konstruksi jembatan pada petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring merupakan wilayah UPT Resor Jembatan 3.2 Cirebon. Terdapat 8 lengkung pada jalur hilir dan 1 lengkung pada jalur hulu, 26 titik sambungan pada jalur hilir dan 26 titik sambungan pada jalur hulu serta 4 perlintasan sebidang. Stasiun Cirebon berada pada km 219+168 dan Stasiun Cangkring berada pada km 212+349 sehingga panjang daerah penelitian adalah 6.819 m'sp. Secara wilayah administrasi petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring meliputi Kota Cirebon dan Kabupaten Cirebon.

4.2 Beban Gandar

Beban gandar yang diijinkan adalah 18 ton, sarana perkeretaapian yang paling terberat adalah lokomotif. Berdasarkan Peraturan Tambahan Dinas Operasi (PTDO) Gapeka tentang Pedoman Dinasan Sarana Gapeka 2021 armada lokomotif yang menarik rangkaian baik kereta api penumpang maupun barang di petak jalan Stasiun Cirebon s.d Stasiun Cangkring adalah lokomotif CC 201, CC 203, CC 204 dan CC 206. Seperti yang telah diketahui berdasarkan tabel (1) berat lokomotif, maka kita bisa mengetahui beban gandar masing-masing lokomotif tersebut:

- CC 201 dengan berat 82 ton

$$Pg = \frac{\text{Berat Sarana Perkeretaapian (W)}}{\text{Jumlah Gandar}}$$

$$Pg = \frac{82}{6}$$

$$Pg = 13,67 \text{ ton (Pg} < 18 \text{ ton} = \text{Ok)}$$

- CC 203 dan CC 204 dengan berat 84 ton

$$Pg = \frac{\text{Berat Sarana Perkeretaapian (W)}}{\text{Jumlah Gandar}}$$

$$Pg = \frac{84}{6}$$

$$Pg = 14 \text{ ton (Pg} < 18 \text{ ton} = \text{Ok)}$$

- CC 206 dengan berat 89 ton

$$Pg = \frac{\text{Berat Sarana Perkeretaapian (W)}}{\text{Jumlah Gandar}}$$

$$Pg = \frac{89}{6}$$

$$Pg = 14,83 \text{ ton (Pg} < 18 \text{ ton} = \text{Ok)}$$

Selanjutnya masing-masing beban gandar lokomotif dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 12. Beban gandar lokomotif

NO. LOKOMOTIF	JUMLAH GANDAR	BEBAN GANDAR (TON)
1	4	5 (2/4)
BB200	6	11,7
BB201	6	12,3
BB202	6	10,3
BB203	6	13,5
BB204	6	8,6
CC200	8	12,0
CC201	6	13,7
CC202	6	18,0
CC203	6	14,0
CC204	6	14,0
CC205	6	17,8
CC206	6	14,8
BB300	4	8,4
BB301	4	12,0
BB302	4	10,2
BB303	4	9,9
BB304	4	12,0
BB305	4	8,4
BB306	4	9,4
C300	3	9,3
C301	3	4,6
CC300	6	14,0
D300	4	8,0
D301	4	6,7

4.3 Kapasitas Angkut (Passing Ton)

Total tonase Ka penumpang harian (Tp) adalah 49.456 ton, tonase Ka Barang harian (Tb) adalah 40.656 ton + 14.036 ton = 54.692 ton, tonase

lokomotif harian (T1) adalah 9.898 ton + 3.560 ton + 534 ton = 13.992 ton. Diketahui terdapat Ka penumpang maka koefesien (S) adalah 1,1 dan beban gandar yang lewat < 18 ton maka koefesien Kb adalah 1,5 serta 1,4 merupakan koefesien baku (K1). Maka tonase ekivalen (ton/tahun) dapat diketahui sebagai berikut:

$$TE = Tp + (Kb \times Tb) + (K_1 \times T_1)$$

$$TE = 151.082,8 \text{ ton}$$

Kapasitas angkut lintas (ton/tahun) dapat diketahui sebagai berikut:

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

$$T = 59.828.788,8 \text{ ton/tahun}$$

Untuk masing-masing jalur (Hulu, Hilir) maka dibagi 2 jadi kapasitas angkut lintas tiap jalur 29.914.394,4 ton/tahun. Bila ditinjau dari jumlah kapasitas angkut lintas petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan stasiun Cangkring maka termasuk kelas jalan I.

4.4 Kecepatan Rencana

Kita sudah menghitung kapasitas angkut lintas lebih dari 20 juta ton/tahun yang artinya termasuk kelas jalan I dan kecepatan maksimum 120 km/jam, tetapi pada dari Grafik Perjalanan KA (GAPEKA) kecepatan maksimum petak jalan Stasiun Cirebon s.d Stasiun Cangkring adalah 100 km/jam. Maka untuk perhitungan perencanaan struktur jalan rel kecepatan maksimum sesuai dengan Grafik Perjalanan KA yang telah ditetapkan dan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$$

$$V_{rencana} = 125 \text{ km/jam}$$

Perencanaan peninggian pada lengkung sebagai berikut:

$$V_{rencana} = C \times \frac{\sum Ni \times Vi}{\sum Ni}$$

$$V_{rencana} = 114,61 \text{ km/jam}$$

Perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_{rencana} = V_{maks}$$

$$V_{rencana} = 100 \text{ km/jam}$$

4.5 Tipe Rel

Perhitungan perencanaan dimensi rel digunakan konsep "beam on elastic foundation". Kapasitas angkut sesuai dengan Grafik Perjalanan KA (GAPEKA) yang telah dihitung adalah 59.828.788,8 ton atau lebih besar dari 20 juta ton/tahun maka termasuk kelas jalan I. Berikut urutan penentuan tipe rel:

1. Menghitung *dumping factor* dengan diketahui kekakuan jalan rel (k) = 180 kg/cm² dan momen inersia (I) rel r.54 = 2.346 cm⁴:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$$

$$\lambda = 9,776 \times 10^{-3}$$

2. Untuk reduksi perhitungan momen akibat konfigurasi roda 4 (BB) ambil contoh lokomotif BB 304:

$$Ma = 0,75 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

$$Ma = 198,7254558 \text{ toncm}$$

3. Untuk reduksi perhitungan momen akibat konfigurasi roda 6 (CC) ambil contoh lokomotif CC 206:

$$Ma = 0,82 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

$$Ma = 268,6944808 \text{ toncm}$$

4. Jika konfigurasi roda tidak diperhitungkan ambil contoh lokomotif CC 206:

$$Ma = 0,85 \times \frac{Pd}{4\lambda}$$

$$Ma = 278,5247666 \text{ toncm}$$

5. Menghitung tegangan ijin kelas jalan

$$\sigma = \frac{M \times y}{I_x}$$

$$\sigma = 0,9046712368 \text{ ton/cm}^2$$

$$\sigma = 904,6712368 \text{ kg/cm}^2$$

(< 1325 kg/cm² = Ok)

6. Menghitung tegangan yang terjadi di dasar rel

$$Sbase = \frac{Ma}{Wb}$$

$$Sbase = 0,9377938269 \text{ ton/cm}^2$$

$$Sbase = 937,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$(< 1176,80 \text{ kg/cm}^2 = \text{Ok})$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas Rel dengan Profil 54 dapat digunakan pada petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring.

4.6 Umur Rel

Dalam menentukan umur rel kita dapat menggunakan rumus persamaan emperik umum dari AREA (American Railway Engineering Association) dan untuk menentukan nilai Konstanta kita pakai tabel (10) sebagai berikut:

1. Jalur Hilir

$$K = \frac{\text{Total Nilai } K}{\text{Total Jarak}}$$

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{K}$$

$$K = 0,916$$

Menentukan nilai T

$$T = K \times W \times D^{0,565}$$

$$T = 755,9201156 \text{ mgt}$$

$$T = 687,1313851 \text{ juta ton}$$

Menentukan Umur Rel

$$U = \frac{687,1313851}{29,9143944}$$

$$U = 22,97 \text{ tahun} \approx 23 \text{ tahun}$$

2. Jalur Hilir

$$K = \frac{\text{Total Nilai } K}{\text{Total Jarak}}$$

$$K = \frac{K_1 + K_2}{K}$$

$$K = 0,927$$

Menentukan nilai T

$$T = K \times W \times D^{0,565}$$

$$T = 764,9977589 \text{ mgt}$$

$$T = 695,3829628 \text{ juta ton}$$

Menentukan Umur Rel

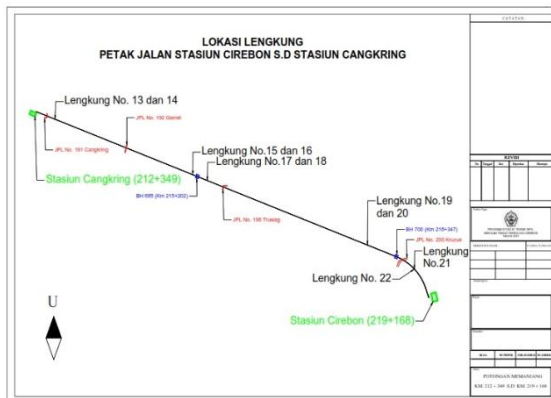
$$U = \frac{695,3829628}{29,9143944}$$

$$U = 23,25 \text{ tahun} \approx 23 \text{ tahun}$$

4.7 Geometri Jalan Rel

a. Lengkung Horizontal

Petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring terdapat lengkung baik jalur hulu maupun jalur hilir. Pada jalur hulu hanya terdapat 1 buah lengkung dan pada jalur hilir terdapat 9 buah lengkung. Seperti yang terlihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. lokasi Lengkung

Tabel 12. Lengkung Jalur Hilir

No Lkg	KM/HM		KANAN / KIRI	PL m'	R	Sudut Puncak (°)	AP mm		T mm	PLA mm	L mm	Vmax kph
	MB	AB										
13	212.636	212.696	KANAN	60	5000	0°39'04"	12	20	30	1067	120	
14	212.716	212.776	KIRI	60	5000	0°39'04"	12	20	30	1067	120	
15	214.968	215.028	KIRI	60	3000	1°02'42"	17	30	40	1067	120	
16	215.048	215.108	KANAN	60	3000	1°02'42"	17	30	40	1067	120	
17	215.237	215.297	KANAN	60	3000	1°02'42"	17	30	40	1067	120	
18	215.317	215.377	KIRI	60	3000	1°02'42"	17	30	40	1067	120	
19	217.964	218.024	KIRI	60	3000	1°05'28"	17	30	40	1067	120	
20	218.044	218.104	KANAN	60	3000	1°05'28"	17	30	40	1067	120	
21	218.433	218.493	KANAN	439	525	48°21'00"	95	80	60	1072	90	

Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

Tabel 13. Lengkung Jalur Hulu

No Lkg	KM/HM		KANAN / KIRI	PL m'	R	Sudut Puncak (°)	AP mm		T mm	PLA mm	L mm	Vmax kph
	MB	AB										
22	218.440	218.866	KANAN	426	505	48°21'00"	99	80	60	1072	90	

Sumber: PT Kereta Api Indonesia (Persero)

b. Lengkung No. 13 dan No. 14

- Menghitung pertinggian normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$h_{normal} = 15,63 \text{ mm} < 20 \text{ mm (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung peralihan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

$$L_h = 22,92 \text{ m} < 30 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung sudut θ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times 30}{180^\circ \times 5000}$$

$$\theta_s = 0^\circ 10' 18,55''$$

$$\theta_s = 0^\circ 10' 18,55''$$

- Menghitung sudut Δ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$\Delta_s = 0^\circ 59' 41,09''$$

- Menghitung panjang lengkung penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L_c = 56,84 \text{ m} < 60 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

$$L = 120 \text{ m}$$

- Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = 7,52 \times 10^{-3} \text{ meter}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

$$k = 15,01 \text{ m}$$

- Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = 58,42 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = 0,196 \text{ m}$$

c. Lengkung No. 15, 16, 17 dan 18

- Menghitung pertinggian normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$h_{normal} = 26,05 \text{ mm} < 30 \text{ mm (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung peralihan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

$$L_h = 34,38 \text{ m} < 40 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung sudut θ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times 40}{180^\circ \times 3000}$$

$$\theta_s = 0^\circ 0' 24''$$

$$\theta_s = 0^\circ 0' 24''$$

- Menghitung sudut Δ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$\Delta_s = 1^\circ 3' 30''$$

- Menghitung panjang lengkung penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L_c = 54,74 \text{ m} < 60 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

$$L = 140 \text{ m}$$

Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = 8,886 \times 10^{-2} \text{ meter}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

$$k = 39,65 \text{ m}$$

Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = 64,36 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = 1,017 \text{ m}$$

d. Lengkung No. 19 dan 20

- Menghitung pertinggian normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$h_{normal} = 26,05 \text{ mm} < 30 \text{ mm (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung peralihan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

$$L_h = 34,38 \text{ m} < 40 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung sudut θ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times 40}{180^\circ \times 3000}$$

$$\theta_s = 0^\circ 0' 24''$$

- Menghitung sudut Δ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$\Delta_s = 1^\circ 6' 16''$$

- Menghitung panjang lengkung penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L_c = 57,15 \text{ m} < 60 \text{ m (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

$$L = 140 \text{ m}$$

Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = 8,886 \times 10^{-2} \text{ meter}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

$$k = 39,65 \text{ m}$$

Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = 68,57 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = 0,228 \text{ m}$$

e. Lengkung No. 21

- Menghitung pertinggian normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$h_{normal} = 72,53 \text{ mm} < 80 \text{ mm (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung peralihan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

$$L_h = 64 \text{ m} > 60 \text{ m (Tidak ok)}$$

- Menghitung sudut θ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times 60}{180^\circ \times 525}$$

$$\theta_s = 0^\circ 3' 25,71''$$

- Menghitung sudut Δ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$\Delta_s = 48^\circ 27' 51,42''$$

- Menghitung panjang lengkung penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L_c = 443,21 \text{ m} < 439 \text{ m (Tidak ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

$$L = 563 \text{ m}$$

Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = 1,143 \text{ meter}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

$$k = 59,46 \text{ m}$$

Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = 296,27 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = 51,98 \text{ m}$$

f. Lengkung No. 22

- Menghitung pertinggian normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{normal} = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$h_{normal} = 75,41 \text{ mm} < 80 \text{ mm (ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung peralihan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_h = 0,01 \times h \times V$$

$$L_h = 64 \text{ m} > 60 \text{ m (Tidak ok)}$$

- Menghitung sudut θ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90^\circ \times 60}{180^\circ \times 505}$$

$$\theta_s = 0^\circ 3' 33,86''$$

- Menghitung sudut Δ_s dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s$$

$$\Delta_s = 48^\circ 28' 7,72''$$

- Menghitung panjang lengkung penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_c = \frac{1}{180^\circ} \times \theta_c \times \pi \times R_c$$

$$L_c = 426,32 \text{ m} < 426 \text{ m (Tidak ok)}$$

- Menghitung panjang lengkung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = L_c + (2 \times L_s)$$

$$L = 546 \text{ m}$$

Menghitung p dan k

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = 1,188 \text{ meter}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} - R_c \times \sin \theta_s$$

$$k = 59,46 \text{ m}$$

Menghitung Ts dan Es

$$T_s = (R_c + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = 287,32 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + P) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = 50,11 \text{ m}$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan Lengkung

NO	R	SUDUT PUNCAK	REGISTER	HASIL PERHITUNGAN	T	HASIL PERHITUNGAN	PLA	HASIL PERHITUNGAN
LK	(m)	($^\circ$)	PL (m)	PL (m)	mm	PL (m)	m	PL (m)
13	5000	0'39'04"	60	56,84 (Ok)	20	15,63 (Ok)	30	22,92 (Ok)
14	5000	0'39'04"	60	56,84 (Ok)	20	15,63 (Ok)	30	22,92 (Ok)
15	3000	1'02'42"	60	54,74 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
16	3000	1'02'42"	60	54,74 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
17	3000	1'02'42"	60	54,74 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
18	3000	1'02'42"	60	54,74 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
19	3000	1'05'28"	60	57,15 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
20	3000	1'05'28"	60	57,15 (Ok)	30	26,05 (Ok)	40	34,38 (Ok)
21	525	48'21'00"	439	443,21 (Tidak Ok)	80	72,53 (Ok)	60	64 (Tidak Ok)
22	505	48'21'00"	426	426,32 (Tidak Ok)	80	75,41 (Ok)	60	64 (Tidak Ok)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi konstruksi jalan rel petak jalan dari Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun

Cangkring terhadap data dilapangan didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Beban gandar sarana perkeretaapian yang melewati petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring kurang dari 18 ton.
- Kapasitas angkut pada petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring adalah 59.828.788,8 ton/tahun dengan masing-masing kapasitas angkut jalur hulu dan hilir adalah 29.914.394,4 ton/tahun. Dengan kapasitas angkut yang lebih besar dari 20 juta ton/tahun maka secara kapasitas angkut kelas jalan petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring adalah kelas jalan I.
- Kecepatan rencana berdasarkan perhitungan jumlah kereta api dan kecepatannya sesuai dengan Gapeka 2021 adalah 114,61 km/jam.
- Berdasarkan perhitungan tegangan ijin kelas jalan dan tegangan ijin yang terjadi di dasar rel untuk profil R. 54 yang dipakai sudah sesuai.
- Umur rel pada petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring jalur hilir adalah 22,97 tahun, pembuatan jalur ganda adalah tahun 1998 maka penggantian rel selanjutnya untuk jalur hilir adalah tahun 2022 dan jalur hulu umur rel 23,25 tahun dengan penggantian terakhir rel adalah tahun 1998 sehingga dilakukan penggantian rel pada tahun 2022.
- Dari hasil analisis perhitungan lengkung, semua lengkung mengakomodir untuk kecepatan 114,61 km/jam, kecuali lengkung No. 21 dan 22.
- Pada petak jalan Stasiun Cirebon sampai dengan Stasiun Cangkring tidak terdapat lengkung vertikal.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut di atas maka penulis ingin memberikan saran sebagai berikut:

- Terhadap konstruksi rel eksisting ditemukan hal yang tidak sesuai dengan hasil hitungan faktor kecepatan, alternatif yang paling sesuai adalah dengan melakukan penurunan kecepatan maksimum pada lengkung no. 21 dan 22.
- Perlebaran sepur pada lengkung no. 21 dan 22 secara perhitungan dengan jarak gandar depan dan belakang 3 meter maka tidak diperlukan, tetapi jika jarak gandar depan dengan belakang adalah 4 meter maka harus dilakukan perlebaran sepur.
- Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap konstruksi jalan rel bagian bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- American Railway Engineering Association (AREA). (1997). *Manual for Railway Engineering*. USA.
- Hay, W. (1982). *Railroad Engineering Second Edition*. Wiley.

- Honing, J. (1975). *Ilmu Bangunan Jalan Kereta Api*. Jakarta: Pradna Paramita.
- Menteri Perhubungan. (2011). *Standar dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian (PM. 31 Tahun 2011)*. Jakarta.
- Menteri Perhubungan. (2011). *Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian (PM. 32 Tahun 2011)*. Jakarta.
- Menteri Perhubungan. (2012). *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api (PM No. 60 Tahun 2012)*. Jakarta.
- Menteri Perhubungan. (2016). *Standar Spesifikasi Teknis Identitas Sarana Perkeretaapian (PM. 54 Tahun 2016)*. Jakarta.
- Mundrey, J. (2000). *Railway Track Engineering Third Edition*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Penyelenggaraan Perkeretaapian (PP No. 56 Tahun 2009)*. Jakarta.
- PT. KAI (Persero). (2011). *Peraturan Dinas 19 (PD 19) Jilid I A. Urusan Perjalanan Kereta Api B. Urusan Langsir*. Bandung.
- PT. KAI (Persero). (2012). *Peraturan Dinas 16A (PD 16A) Jilid I Dinas Lokomotif Diesel Elektrik dan Diesel Hidrolik*. Bandung.
- PT. KAI (Persero). (2012). *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No. 10)*. Bandung.
- PT. KAI (Persero). (2016). *Perawatan Jalan Rel Dengan Lebar 1.067 mm (Peraturan Dinas No. 10A)*. Bandung.
- PT. KAI (Persero). (2018). *Album Lokomotif 2018*.
- PT. KAI (Persero). (2021). *PTDO Bab XI Tentang Pedoman Dukungan Sarana GAPEKA 2021*. Bandung.
- Raihan, T. A. (2016). Evaluasi Geometrik dan Struktur Jalan Rel Kereta Api Pada Stasiun Jember-Rampuji dan Arjasa. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 1(1). doi:10.32528/hgn.v1i1.193
- Rosyidi, S. A. (2016). *Rekayasa Jalan Kereta Api Tinjauan Struktur Jalan Rel*. Yogyakarta: LP3M-UMY.
- Subarkah, I. (1981). *Jalan Kereta Api*. Bandung: Idea Dharma.
- Sudibya. (2015). *Tata Kelola Perkeretaapian Yang Berkeadilan*. Depok: RajaGrafindo Perkasa.
- Surakim, H. (2014). *Konstruksi Jalan Rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api*. Jakarta: Nuansa Cendekia.
- Talbot, A. (1919). *Stress in Railroad Track, Report of the Spesial Committee to Report on Stresses in Railroad Track, First Progress Report, AREA Proceedings, Vol. 19:873-1062*.
- Utomo, S. H. (2013). *Jalan Rel*. Jakarta: Betta Offset.
- Wahab, W. (2017). *Analisis Kelayakan Konstruksi Bagian Atas Jalan Rel Dalam Kegiatan Revitalisasi Jalur Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam (KM 39,699-KM 60,038)*. *Jurnal Teknik Sipil (JTS) ITP*, 4(2). Retrieved 2021, from <https://garuda.ristekbrin.go.id/documents/detail/1165720>