**BAB I**

**PENDAHULUAN**

* 1. **Latar Belakang**

Saat ini perkeretaapian di Indonesia mulai berkembang pesat, terlebih dengan masuknya perkeretaapian sebagai salah satu proyek strategis nasional. Di Pulau Sumatera sendiri memiliki panjang jalan kereta api yang beroperasi sepanjang 1.544 km dan salah satunya berada di Provinsi Lampung (Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2018: 37). Saat ini transportasi kereta api mulai menjadi pilihan moda transportasi yang digemari bagi masyarakat dan mulai berkembang menjadi pilihan moda transportasi yang sangat efisien. Faktor penunjang mengapa kereta api mulai diminati masyarakat adalah karena memiliki beberapa keunggulan seperti kapasitas angkut besar, hemat energi dan memiliki koneksi jaringan jalan paling teratur, serta tingkat kemacetan yang rendah dibandingkan moda transportasi lainnya.

Permenhub RI No. 18 tahun 2019 mengenai Standar Tempat Dan Peralatan Perawatan Sarana Perkeretaapian menerangkan bahwa perkeretaapian merupakan sebuah suatu sistem yang meliputi prasarana, sarana dan SDM, norma, karakteristik, persyaratan, dan tata cara yang saling berkaitan satu sama lain. Pada peraturan menteri ini juga menjelaskan bahwa pemeliharaan sarana perkeretaapian merupakan upaya yang dilakukan dalam mempertahankan pelayanan sarana perkeretaapian agar tetap nyaman dalam beroperasi.

Perawatan sarana perkeretaapian adalah upaya penting yang harus dievaluasi dalam upaya menciptakan kenyamanan dan menjaga tingkat keamanan bagi masyarakat pengguna transportasi kereta api. Tingkat pemeliharaan jalan rel sangat bergantung terhadap beban lalu lintas kereta api, karena akan mempengaruhi kualitas dari jalan rel. Untuk itu dibutuhkan evaluasi kondisi jalan rel sebagai upaya mengetahui kebutuhan perawatan jalan rel tahunan. Perawatan jalan rel juga bertujuan menjaga kualitas kereta api sebagai moda transportasi yang tingkat pelayananannya memadai dengan waktu tunggu rendah dan waktu keberangkatan yang efektif.

Standar tata cara perawatan prasarana perkeretaapian di Indonesia sendiri diatur oleh Peraturan Menteri Perhubungan No. 32 tahun 2011. Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api dimana jalur tersebut terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api.

PT Kereta Api Indonesia memainkan peranpenting dalam sistem transportasi Indonesia.Kereta api menjadi pilihan transportasi yang populer karena keterjangkauan harganya dan kemudahan aksesibilitasnya di berbagai wilayah. Elemen terpenting dari Perkeretaapian adalah jalan rel, seperti yang diketahui jalan rel merupakan suatu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah atau di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api. Dalam pengoperasian perjalanan kereta api seringkali menemui berbagai kendala dalam perjalanan. Berbagai kendala yang terjadi tentu berdampak besar pada waktu lebih tepatnya pada pengaturan penjadwalan perjalanan kereta api yang cukup rumit. Penjadwalan ulang perjalanan kereta api sering harus dilakukan akibat adanya kendala teknis pada kereta yang menghambat kereta melakukan perjalanan pada waktu yang ditentukan ataupun karena adanya penambahan kereta api. Simulasi sistem penjadwalan kereta mampu membantu memecahkan masalah yang dihadapi pengelola jasa layanan kereta api dalam menyusun jadwal baru berkenaan dengan adanya kendala perjalanan kereta api ataupun adanya penambahan kereta api baru Saat terjadi kendala maupun penambahan jumlah ker ta api yang ada penyusunan jadwal yang ada dapat dilakukan dengan lebih cepit dan lebih mudah

* 1. **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada dapat peneliti tarik rumusan masalah untuk tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana besar daya angkut lintas pada jalan rel stasiun Tanjung Karang – Rejosari dalam waktu satu tahun?
2. Bagaimana standar komponen rel dan bantalan terpasang pada jalan rel stasiun Tanjung Karang – Rejosari berdasarkan peraturan jalan rel di Indonesia?
3. Bagaimana penerapan sistem kinerja operasional pada stasiun Tanjung Karang- Rejosari khususnya penjadwalan perjalanan kereta api?
   1. **Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam studi ini hanya mencakup beberapa lingkup yang akan dibahas, seperti:

1. Pada penelitian ini mengambil peninjauan pada jalan rel lintas Tanjung Karang – Rejosari.
2. Perhitungan dilakukan berdasarkan pada kondisi jalan rel di lokasi penelitian.
3. Tugas akhir ini dilakukan menurut data yang didapatkan dari lokasi penelitian antara lain susunan lokomotif dan kereta api, serta GAPEKA (Grafik Perjalanan Kereta Api) baik penumpang dan barang menggunakan data tahun terbaru.
4. Penelitian ini hanya tertuju pada pola operasional kereta api khususnya terkait dengan jadwal perjalanan kereta api.
   1. **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, Studi ini memiliki beberapa tujuan, yaitu:

1. Mengetahui besar daya angkut lintas kereta api yang terjadi pada jalan rel Stasiun Tanjung Karang - Rejosari dalam waktu satu tahun.
2. Mengetahui kemampuan layanan rel dan bantalan terpasang terhadap daya angkut lintas tahunan pada jalan rel Tanjung Karang- Rejosari berdasarkan peraturan jalan rel di Indonesia.
3. Mengetahui sistem kinerja operasional pada stasiun Tanjung Karang- Rejosari khususnya penjadwalan perjalanan kereta api dan memberikan usulan alternatif operasional kereta api untuk meningkatkan efektifitas operasional kereta api.
   1. **Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat dari studi ini yang bisa diaplikasikan di lapangan sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi besar terhadap pengetahuan teknis dalam bidang rekayasa jalan rel. Mengidentifikasi dan memahami hubungan antara komponen jalan rel, daya angkut lintas, dan kinerja operasi kereta api.
2. Memberikan masukan alternatif operasional untuk mendukung efisiensi operasional kereta api pada stasiun Tanjung Karang- Rejosari.
3. Penelitian ini dapat menghasilkan model dan metode evaluasi yang lebih baru dan presisi dalam menilai komponen jalan rel dan kinerja operasional kereta api.
   1. **Sitematika Penulisan**

Sistem penulisan naskah studi ini diatur dalam bab - bab antara lain:

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisikan pembahasan tentang alasan peneliti dalam mengambil pembahasan ini, manarik beberapa rumusan masalah dan memberikan tujuan serta manfaat untuk lapangan dengan dibatasi ruang lingkup.

1. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Memberikan gambaran global dan latar belakang teoritis terkait perkeretaapian, kapasitas beban tahunan rel, rel dan bantalan, dan perangkat lunak Abaqus. .

1. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan penjelasan data yang diperlukan sesuai dengan metode peneliti dalam studi ini untuk menganalisis perilaku struktural anggota kereta api akibat kapasitas beban lateral tahunan.

1. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

berisikan cakupan dari pembahasan yang sudah diteliti dan menganalisis dari tinjauan studi ini.

1. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan penutup meliputi jawaban dari rumusan masalah yang telah dianalisis berdasarkan hasil analisis dan rekomendasi mengenai penelitian ini.

**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

1. **Penelitian Terdahulu**

Beberapa penelitian terkait jalan rel telah dilakukan, untuk itu berikut ini penjelasan terkait hasil-hasil penelitian terdahulu yang tujuaannya untuk menemukan perbandingan ataupun acuan dalam penyelesaian penelitian ini, disamping itu penelitian terdahulu juga membantu untuk menunjukan orisinalitas dan menghindari anggapan plagiarisme dari sebuah penlitian yang telah dilakukan. Beberapa contoh penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kajian dalam tugas akhir ini dan juga perbandingan dengan peneletian yang dilakukan :

1. Penelitian Fery Hendy Jaya dan Miswanto (2018)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui standar operasional pelayanan jalan rel yaitu komponen bantalan dan rel akibat beban angkut lintas tahunan jalan rel. Pada penelitian ini beberapa parameter yang menjadi patokan pada penelitian ini antara lain kelas jalan rel, panjang lintas jalan rel, jenis lokomotif, daya angkut, beban gandar, bantalan dan kecepatan maksimum yang digunakan. Metode yang digunakan yaitu analisis ketahanan bantalan dan rel berdasarkan tegangan yang terjadi akibat beban angkut jalan rel. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu mengaetahui jenis bantalan dan rel yang akan direvitalisasi.

1. Penelitian Wawarisa Alnu Fistcar (2019)

Penlitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur atas jalan rel dengan 4 parameter kondisi penilaian yang berbeda dengan bantuan *software* Abaqus. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain dari kereta ukur (TQI), panjang lintas, susunan gerbong kereta*,* kelas jalan rel dan spesifikasi teknis bantalan dan rel. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu perhitungan analisa struktur atas jalan rel dengan mengunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak.

1. Penelitian Afda Zikra Aulia (2017)

Penelitian ini berisi tentang perancangan aspek teknis dan operasional jalur rel kereta api yang meliputi perancangan komponen jalan rel, perancangan geomtrik jalan rel, analisis kapasitas lintas dan peramalan jumlah pergerakan, perancangan lanskap stasiun dan perencanaan penjadwalan dalam skema GAPEKA.

1. Penelitian Yandrie (2017)

Dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan, penelitian ini menitikberatkan pada kemampuan layanan rel dan bantalan akibat daya angkut lintas jalan rel terbaru. Data yang digunakan pada penelitian ini kelas jalan rel, panjang lintas jalan rel, jenis lokomotif, daya angkut, beban gandar, bantalan dan kecepatan maksimum yang digunakan. Pada penelitian ini aspek yang ditinjau meliputi rel yaitu tegangan yang terjadi, lalu pada bantalan beton berupa tegangan, regangan, dan lendutan yang terjadi dibantu dengan *software* Abaqus yang bertujuan untuk mempermudah dalam tahap analisis dan mendapatkan hasil analisis yang lebih spesifik dan mampu menganalisis reaksi-reaksi yang sesuai dengan kondisi berdasarkan material yang dipakai. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu mengetahui kemampuan layanan komponen rel dan bantalan akibat daya angkut lintas yang terjadi.

1. **Transportasi Kereta Api**

Menurut Salim (2004) angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang. Transportasi kereta api memiliki karakteristik dan keunggulan khusus terutama dalam kemampuan untuk mengangkut baik penumpang maupun barang secara masal, hemat energi, hemat dalam penggunaan ruangan, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, dan tingkat pencemaran yang rendah serta lebih efisien dibanding dengan moda transportasi jalan raya untuk angkutan jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintas. Dalam pelaksanaannya transportasi kereta api berkaitan erat dengan sarana, prasarana, dan fasilitas penunjang kereta api untuk penyelanggaraan angkutan yang disusun dalam suatu sistem.

Sarana kereta api adalah segala sesuatu yang dapat bergerak diatas jalan rel, sedangkan prasarana kereta api adalah jalur stasiun kereta api termasuk fasilitas yang diperlukan agar sarana kereta api dapat dioperasikan. Fasilitas penunjang penyelanggaraan angkutan kereta api yang dapat memberikan kemudahan serta kenyamanan bagi pengguna jasa kereta api.

1. **Beban Angkut Tahunan Jalan Rel (*Passing Tonnage)***

Transportasi perkeretaapian jalan rel direncanakan untuk menerima beban angkutan barang/ penumpang untuk masa waktu yang direncanakan. Dalam tahapan perencaaan jalan rel tentu harus memperhatikan aspek keselamatan dan kenyamanan untuk setiap kendaraan rel yang melewatinya selama umur konstruksi yang direncanakan. Beban lintas tahunan merupakan setiap beban atau angkutan yang melewati lintas jalan rel dalam 365 hari.

**2.3.1. Kelas Jalan Rel**

Beban lintas pada jalan rel menggambarkan kelas dari jalan rel artinya berapa besar beban yang melintas serta kecepatan kereta api yang bergerak di suatu jalan rel. Berikut adalah klasifikasi jalan rel berdasarkan lebar jalan rel 1067 mm.

**Tabel 2.1** Kelas Jalan Rel Berdasarkan Lebar Jalan Rel 1067 mm

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kelas | Kapasitas Angkut Lintas (×106 ton/tahun) | Kecepatan Maksimum (km/jam) | Beban Gandar Maksimum (ton) | Tipe Rel | Tipe Bantalan | Tipe Penambat |
| Jarak Antara Sumbu Bantalan |
| I | > 20 | 120 | 18 | R.60 / R.54 | Beton | Elastis Ganda |
| 60 cm |
| II | 0 - 20 | 110 | 18 | R.54 / R.50 | Beton / Kayu | Elastis Ganda |
| 60 |
| III | 05 - 10 | 100 | 18 | R.54 / R.50 / R.42 | Beton / Kayu / Baja | Elastis Ganda |
| 60 |
| IV | 2.5 - 5 | 90 | 18 | R.54 / R.50 / R.42 | Beton / Kayu / Baja | Elastis Ganda / Tunggal |
| 60 |
| V | < 2.5 | 80 | 18 | R.42 | Kayu / Baja | Elastis Tunggal |

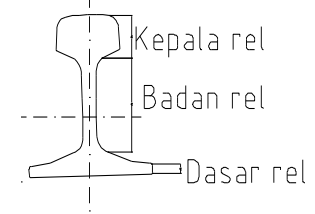
***Sumber:*** *Permenhub No.60 tahun 2012*

**2.3.1. Kecepatan**

Berdasarkan persyaratan teknis jalur kereta api Peraturan Menteri Perhubungan No.60 tahun 2012 kecepatan terbagi dalam 4 jenis, yaitu:

1. Kecepatan rencana pada jalan rel yaitu kecepatan yang dipakai dalam perencanaan pengoperasian kereta api. Dalam menentukan besaran kecepatan rencana pada jalan rel yaitu 1,25 x Vmaks.
2. Kecepatan maksimum adalah kecepatan terbesar yang diperbolehkan dalam pengoperasian kereta api pada lintas jalan rel.
3. Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata pada petak jalan tertentu.
4. Kecepatan Komersil adalah kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.
5. **Rel**

Rel merupakan sebuah komponenyang bersentuhan langsung dengan roda kereta api dan berperan sebagai dudukan bagi pergerakan roda kereta api. Rel diletakkan diatas bantalan, agar pada saat kereta api melintasi jalan rel maka terjadi tumpuan secara tegak lurus dari roda dan tekanan tersebut lalu diteruskan oleh rel ke struktur dibawahnya. Rel juga berperan sebagai struktur pengikat dalam pembentukan. (Fistcar, 2020). Berikut ini adalah gambar dari bagian-bagian rel serta tipe dan spesifikasi penampang rel kereta api.



**Gambar 2.1.** Bagian-bagian Rel

**(*Sumber:*** *Esveld,2001)*

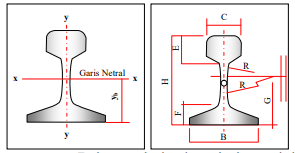
Berikut ini adalah spesifikasi rel yang digunakan di Indonesia :

**Tabel 2.2.** Spesifikasi Rel

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Karakteristik | | Tipe | | | |
| Besaran Geometri | Notasi dan Satuan | R.42 | R.50 | R.54 | R.60 |
| Tinggi | 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 (cm2) | 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 | Ix (cm4) | 1,369 | 1,96 | 2,346 | 3,055 |
| Jarak tepi bawah kaki rel ke garis netral | Yb (mm) | 68,5 | 71,6 | 76,2 | 80,95 |

***Sumber:*** *Permenhub, No.60 Tahun 2012*

Berikut ini adalah gambar penampang dimensi rel:



**Gambar 2.2.** Dimensi Rel

(***Sumber:*** *Permenhub No.60 Tahun 2012)*

a. Tegangan Izin Rel

Tegangan izin rel dipengaruhi oleh mutu dari rel yang digunakan. Berikut adalah tegangan izin rel menurut Peraturan Dinas No. 10 tahun 1986 yang telah dikaji oleh Rosyidi:

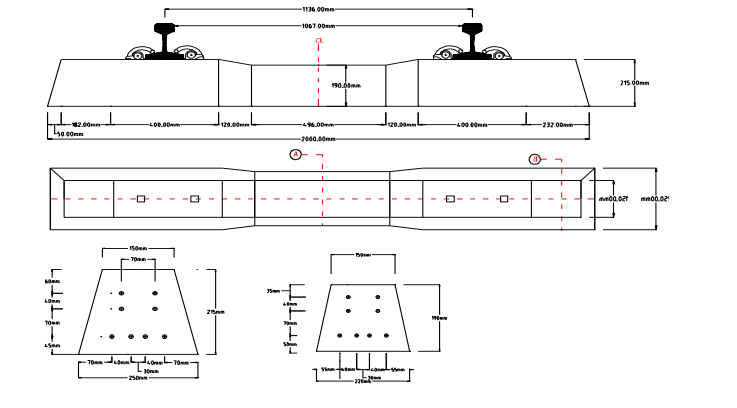
**Tabel 2.3.** Tegangan Izin Profil Rel di Indonesia

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kelas Jalan | Daya Angkut Lintas (juta ton/tahun) | Kecepatan Rencana (km/jam) | Beban Gandar (ton) | Beban Roda Dinamis | Jenis Rel | Tegangan Dasar Rel (kg/cm2) | Tegangan Izin (kg/cm2) |
| I | > 20 | 150 | 18 | 19940 | R.60 | 1042,3 | 1325 |
| R.54 | 1176,8 |
| II | 10 - 20 | 140 | 18 | 16241 | R.54 | 1128,2 | 1325 |
| R.50 | 1231,8 |
| III | 05 - 10 | 125 | 18 | 15542 | R.54 | 1097,7 | 1663 |
| R.50 | 1178,8 |
| R.42 | 1476,3 |
| IV | 2,5 - 5 | 115 | 18 | 14843 | R.54 | 1031 | 1843 |
| R.50 | 1125,8 |
| R.42 | 1410 |
| V | > 2,5 | 100 | 18 | 14144 | R.42 | 1343,5 | 2000 |

***Sumber:*** *Rosyidi,2015*

1. **Bantalan**

Bantalan merupakan salah satu komponen struktur yang berfungsi dalam mendistribusikan beban dari kereta api dan berat struktur jalan rel ke komponen struktur dibawahnya secara merata, fungsi lain bantalan adalah berfungsi dalam menjaga stabilitas lebar jalan rel akibat gaya lateral yang diterima agar tidak bergeser. Jenis bantalan yang banyak dipakai pada jalan rel di Indonesia terbuat dari kayu, baja ataupun beton. Berikut contoh bantalan type N-67 pada lebar sepur 1067 dengan tipe rel R.54:



**Gambar 2.3.** Dimensi Bantalan Beton

***(Sumber:*** Wika,2016)

1. **Analisis Rel dan Bantalan Berdasarkan Beban Angkut Lintas**

Metode analisis komponen perkeretaapian berdasarkan tonase lalu lintas atau kapasitas angkut transversal adalah metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas beban transversal bagian perkeretaapian dengan banyak kereta api yang melewati jalur tersebut. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen perkeretaapian yaitu rel dan bantalan yang terpasang pada lokasi penelitian telah memenuhi syarat atau tidak berdasarkan peraturan terkait jalan rel di Indonesia serta untuk menentukan upaya apa yang harus dilakukan untuk tetap menjaga tingkat pelayanan yang baik komponen jalan rel. Beberapa upaya yang dilakukan antara lain rekonstruksi komponen struktur, pemeliharaan ataupun penggantian komponen jalan rel dengan tujuan menciptakan kenyamanan pada saat kereta api melintas dan seluruh komponen dapat berfungsi dan bekerja dengan baik.

Adapun analisis yang dilakukan yaitu meliputi:

1. Analisis Beban Angkut Lintas

Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan beban lintas yaitu menghitung beban lintas kereta. Dalam mendapatkan nilai daya angkut lintas, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

T = 360 × S × .....................................................................(2.1)

TE = Tp + (Kb × Tb) +(K1 × T) ........................................(2.2)

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 = Nilai koefisien berdasarkan kualitas lintas, yaitu

S = 1,1 untuk lintas dengan kereta penumpang dengan kecepatan maksimum

120 km/jam

S = 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang.

Kb = Koefisien yang besarnya bergantung pada beban gandar, yaitu: (1,5 untuk beban gandar < 18 ton, 1,3 untuk beban gandar > 18 ton)

K1 = nilai koefisien ketentuan (1,4)

1. Perhitungan beban dinamis

Perhitungan beban vertikal yang diberikan oleh beban gandar, kereta dan gerbong adalah berupa beban statik, namun pada kenyaataannya dipengaruhi oleh faktor aerodinamik (beban angin dan hambatan udara) maka beban tersebut menjadi beban dinamis. Berikut adalah persamaan *Talbot* (1918) yang menerangkan terkait analisa beban dinamis yang terjadi:

Pd = Ps [1+0,01( )]……………………………..(2.3)

Vr = 1.25 Vmaks ………………………………..................(2.4)

Dimana:

Pstatis = gaya roda statis (kg)

Vmaks =kecepatan rencana maksimum (km/jam)

Pd = beban dinamis roda (kg)

Id = indeks beban dinamis

Vr = kecepatan rencana (km/jam)

3. Pembebanan pada rel

Pada jalan rel perhitungan *Dumping Factor* atau faktor reduksi yang dijabarkan oleh Winkler pada tahun 1867 menggunakan persamaan berikut:

𝜆 = ……….........................................................................(2.5)

Untuk mengetahui nilai momen maksimum adalah dengan persamaan berikut:

Mmaks = …...........................................................................(2.6)

Dimana:

λ = *dumping factor*

k = modulus jalan rel (kg/cm2)

E = modulus elastisitas jalan rel (kg/cm)

I = momen inersia (cm4)

Pd = beban dinamis (kg)

Perhitungan reduksi momen dapat dinyatakan dengan menggunakan rumus:

Ma = 0.85 x Mmaks................... ........................................(2.7)

Analisa tegangan yang terjadi pada rel:

Sbase = ................................................................................(2.8)

σ '=) ........... ...................... ........................................(2.9)

Dimana:

Ma = reduksi momen (kg.cm)

Wb = tahanan momen dasar.

4. Beban yang diterima Bantalan

Perhitungan nilai E berdasarkan Fc’u

E =............................................................................(2.10)

Menentukan nilai ketahanan bantalan rel beton dalam menahan beban diatas yang terdapat pada rumus ini:

1. Analisa Momen pada bantalan beton

M⁺ = [2 cosh²λa(cos2λc+cosλL)-2cos²λa(cosh2λc + cosλL) – sinh2λa (sin2λc + sinhλL) – sin2λa (sinh2λc + sinλL) ...................................................................................(2.11)

M⁻ = - sinh λ.L+sin λ.L{sinhλc[sinλc + sinλ (L-c)]+sinλc[sinhλc + sin λ (L-c)]- cosh λc. Cosλ (L-c) – cos λ.c cos λ (L-c)} ...................(2.12)

1. Analisa Tegangan

Analisa tegangan dihitung pada dua tahap yaitu pada tahap pratekan awal dan tahap pratekan efektif dengan rumus sebagai berikut:

* Analisis Tegangan Tahap Pratekan Awal

Pinisial = As x fi....................................................(2.13)

fi= 0.7 x fpu.............................................................(2.14)

σ =................................................(2.15)

* Analisis Tegangan Tahap Pratekan Efektif

σ = - .......................................(2.16)

Pefektif = 0,8 x fi...................................................(2.17)

dimana:

σ = Tegangan (kg/cm2)

Pinisial = Gaya pratekan awal (N)

Pefektif = Gaya pratekan efektif (N)

A = Luas Penampang (cm2)

W = Momen tahanan (cm3)

M = Momen (kg/cm)

fpu = Kuat tarik tendon (kg/cm2)

As = Luas tulangan prategang (mm2)

1. **Kinerja Operasi**

Menurut Sumantri (2012), kinerja adalah kemampuan atau potensi angkutan umum untuk melayani kebutuhan pergerakan pada suatu daerah, baik berupa transportasi barang maupun transportasi orang. Kinerja juga merupakan tingkat pencapaian atau hasil kerja perusahaan dari sasaran yang harus dicapai atau tugasyang harus dilaksanakan dalam kurun waktu tertentu.Menurut Zeithaml, Parasuraman dan Berry (1990), untuk mengukur tingkat keberhasilan atau kinerja dari sistem angkutan, ada beberapa parameter/indikator yang bisa dilihat, yaitu yang pertama menyangkut ukuran kuantitatif yang dinyatakan dengan tingkat pelayanan, dan yang kedua lebih bersifat kualitatif yang dinyatakan dengan mutu pelayanan. Adapun faktor tingkat pelayanan adalah :

* + 1. Kapasitas : jumlah penumpang atau barang yang dapat dipindahkan dalam satu waktu tertentu.
    2. Aksesibilitas ; menyatakan kemudahan orang dalam menggunakan suatu sarana transportasi tertentu dan biasanya berupa fungsi dari jarak maupun waktu.

Selain itu parameter yang digunakan untuk menentukan kinerja operasi adalah, faktor muat (load factor), jumlah penumpang yang diangkut, waktu antara (headway), waktu tunggu penumpang, kecepatan perjalanan, sebab-sebab keterlambatan, ketersediaan angkutan, dan tingkat konsumsi bahan bakar.

1. **Penjadwalan Perjalanan Kereta Api**

Menurut Tika (2006), tiga komponen utama agar kereta api dapat berjalan dengan lancar dan selamat harus dipadukan dalam suatu rencana kerja terpadu. Tiga komponen tersebut adalah jalan, kendaraan, dan operator. Inti dari rencana kerja terpadu perusahaan jalan rel adalah Daftar Jadwal Perjalanan Kereta Api. Di Indonesia dikenal istilah Gapeka (Grafik Perjalanan Kereta Api). Gapeka adala daftar jadwal perjalanan kereta api dalam bentuk grafik. Daftar jadwal perjalanan kereta api bisa juga disusun dalam bentuk tabel yang lebih komunikatif bagi konsumen.

* + 1. **Waktu Perjalanan**

Menurut SK Dirjen perhubungan Darat No.687 Tahun 2002, dalam mengevaluasi kinerja operasional transportasi umum penumpang dengan trayek tetap, dibutuhkan

parameter-parameter untuk melihat efektifitas dan efisiensi operasional. Untuk mengetahui kebenaran perhitungan teoritis perlu dilakukan pengujian dilapangan. Antara waktu perjalanan secara teoritis dan hasil uji lapangan perlu ditentukan waktu perjalanan yang paling mungkin untuk diterapkan.

Waktu untuk menaikan dan menurunkan penumpang di stasiun diperhitungkan berdasarkan kebutuhan. Di stasiun besar yang diperkirakan akan banyak penumpang naik dan turun, perlu diberi waktu perhentian yang lebih lama dibandingkan waktu berhenti di stasiun kecil. Apakah ada pergantian masinis atau

awak kereta api juga akan mempengaruhi lamanya waktu perhentian

* + 1. **Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA)**

Gapeka atau diagram umumnya untuk menyajikan data statistik sebagai laporan hasil suatu kegiatan dari suatu badan atau instansi pemerintah & swasta. Penyajian data statistik dalam bentuk gapeka lebih menarik perhatian dan mengesankan dibandingkan dengan laporan berupa tabel. Grafik statistik bersumber dari laporan-laporan data dari masing-masing bagian atau bidang menurut periode tertentu atau saat tertentu yang umumnya berupa tabel-tabel dan selanjutnya dirubah menjadi bentuk GAPEKA.

Dengan sudah ditentukan besarnya kecepatan yang ditentukan dalam perjalanan kereta api, jarak, nilai akselarasi, deselarasi, maka dengan memasukan rumus gerak lurus beraturan dan atau gerak lurus berubah beraturan, waktu tempuh/ jelajah akan dihasilkan dengan satuan waktu menit atau detik. Daya tarik lokomotif, percepatan, perlambatan, perlawanan lokomotif, perlawanan rangkaian, perlawanan angin, perlawanan tanjakan, perlawanan turunan, perlawanan lengkungan dan termasuk jenis rangakaian akan berpengaruh pada diagram waktu perjalanan kereta api dalam GAPEKA.

Fungsi GAPEKA adalah sebagai berikut :

1. Sebagai peraturan perjalanan kereta api yang dijadikan dasar/rencana operasi keret api dari masing-masing jenis kereta api dan trayeknya.
2. Sebagai program produksi jasa angkutan
3. media yang dapat memperkirakan perolehan pendapatan dan prestasi dari hasil produksi jasa angkutan penumpang dan barang.
4. Sebagai media yang dapat memperkirakan pengeluaran yang harus dikeluarkan sehubungan dengan adanya GAPEKA baru, baik biaya tetap ataupun berubah.
5. Sebagai dasar penyusunan stamformasi untuk masing-masing jenis kereta api terutama kereta api penumpang, yaitu dengan mengoptimalisasi sarana yang ada.
6. Sebagai pedoman dalam perhitungan waktu peredaran gerbong.
7. Sebagai pedoman dalam pembuatan ikhtisar jam kerja untuk masing-masing stasiun.

**BAB III**

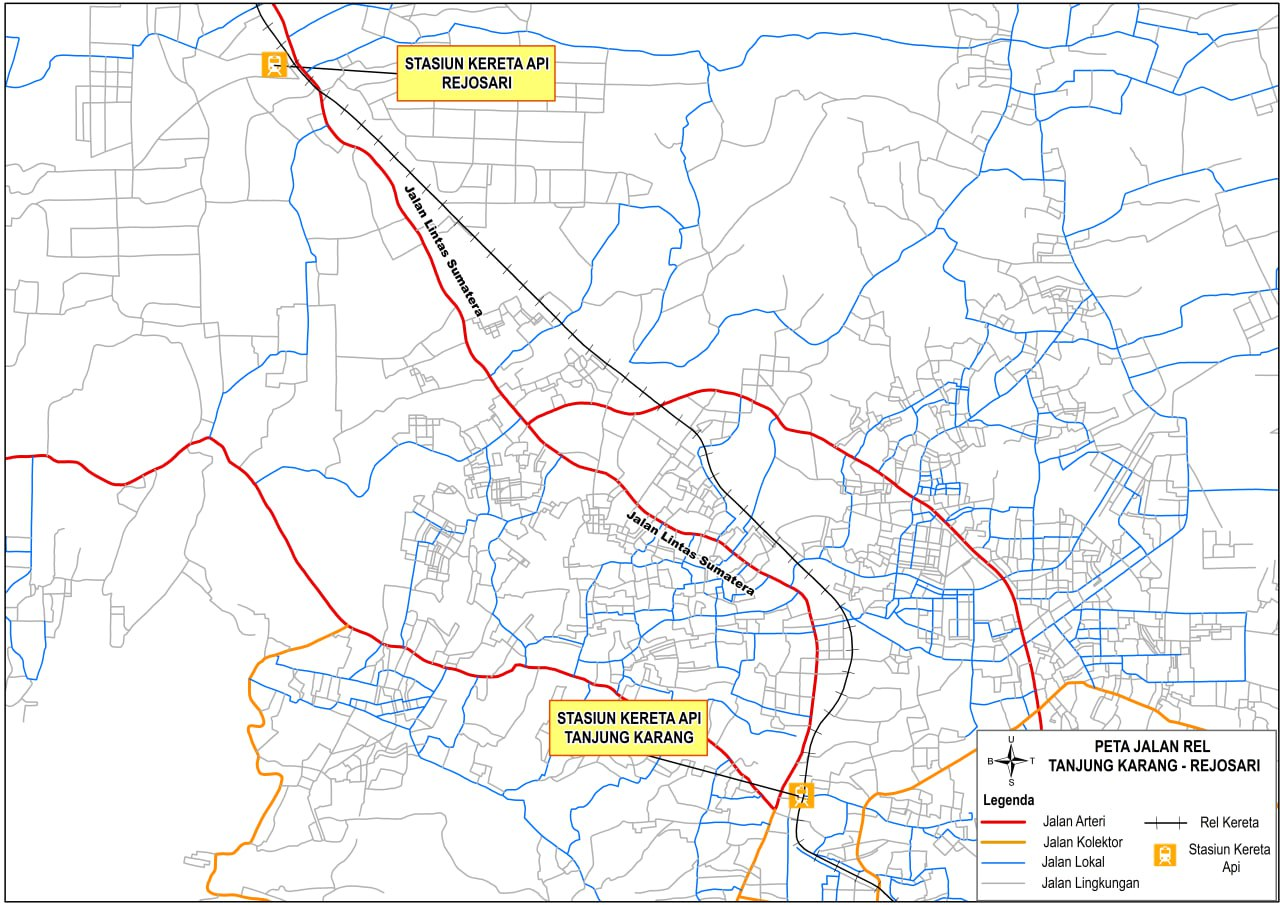
**METODE PENELITIAN**

* 1. **Jenis Penelitian**

Studi ini memakai jenis deskriptif kuantitatif dimana yang bertujuan dalam menilai dari suatu kondisi subjek penelitian yang terlihat yaitu kondisi jalan rel Tanjung karang- Rejosari berdasarkan data-data yang diperoleh yang menggambarkan subjek tinjauan. Pada peneltian ini data-data yang menggambarkan subjek tinjauan antara lain susunan gerbong kereta api, panjang lintasan, grafik perjalanan kereta api dan lain-lain.

* 1. **Lokasi Penelitian**

Studi ini mengambil sampel tempat penelitian pada operasional PT Kereta Api Divre IV Tanjung Karang yaitu pada lintas Stasiun Tanjung Karang - Stasiun Rejosari Provinsi Lampung. Alasan lintas jalan rel Stasiun Tanjung Karang-Stasiun Rejosari menjadi lokasi penelitian karena lintas tersebut merupakan salah satu ruas yang dilewati kereta api penumpang dan kereta barang. Lintas jalan rel Stasiun Tanjung Karang- Rejosari tiap tahunnya mengalami peningkatan beban lintas, untuk mengatasi hal tersebut tentu perlu dilakukan suatu upaya berupa penelitian untuk mengetahui kondisi komponen jalan rel, serta keandalan dari struktur bagian atas jalan rel dalam menerima setiap beban yang bekerja pada jalan rel.



**Gambar 3.1.** Lokasi Penelitian

* 1. **Pengumpulan Data**

Data yang diperlukan untuk penelitian ini dikumpulkan langsung dari instansi terkait yaitu Divre IV Tanjung Karang. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini meliputi panjang lintas, susunan gerbong kereta, spesifikasi lokomotif dan gerbong yang digunakan, data geometri komponen bantalan dan rel, Grafik Perjalanan Kereta Api, laporan realisasi perjalanan kereta api dan laporan faktor penyebab keterlambatan.

* 1. **Analisis Data**

**3.4.1. Daya Angkut Lintas Tahunan dan Perhitungan Perilaku Struktur Atas Jalan Rel**

Menjawab dari setiap rumusan kasus yg sudah dipengaruhi maka dilakukan tahapan buat menganalisis bantalan & rel dari daya angkut lintas menggunakan urutan menjadi berikut:

1. Tahap Pertama: Melakukan perhitungan daya angkut lintas yg terjadi dalam jalan rel lokasi penelitian pada satu tahun. Tahap ini diawali menggunakan menghitung beban lintas tahunan setiap gerbong & lokomotif (*Stamformasi*) kereta barang yg melewati jalan rel dalam ruas Tanjung Karang- Rejosari.
2. Tahap Kedua: Selesainya perhitungan daya angkut lintas kemudian dilakukan perhitungan kondisi rel dan bantalan. Setelah perhitungan kondisi struktur bantalan & rel dihasilkan kemudian dibandingkan menggunakan standar peraturan jalan rel yg berlaku di Indonesia.
3. Tahap Ketiga: Melakukan analisis kinerja operasional berdasarkan data realisasi penjadwalan kereta api dan laporan keterlambatan kereta api.
   1. **Diagram Alir Penelitian**

Pengumpulan Data

Studi Pustaka Jalan Rel

Kesimpulan dan Saran

1. Perbandingan Waktu Realisasi Perjalanan Kereta Api dengan Gapeka
2. Analisis Laporan Penyebab Keterlambatan Kereta api
3. Perhitungan Beban Angkut Tahunan
4. Evaluasi Rel dan Bantalan terpasang berdasarkan peraturan terkait pemeliharan jalan rel di Indonesia

Tahapan Analisis

Hubungan Evaluasi Rel dan Bantalan terhadap Kinerja Operasional Kereta Api

Selesai

`

**Gambar 3.3.** Diagram Alir Penelitian

**BAB IV**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

* 1. **Evaluasi Rel Dan Bantalan**

Tahapan dalam pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan melakukan evaluasi komponen jalan rel. evaluasi dilakukan meliputi penentuan kelas jalan rel berdasarkan daya angkut tahunan (*passing tonnage),* perhitungan perilaku rel terhadap beban lintas, evaluasi beban bantalan pada lintas Tanjung Karang- Rejosari.

* + 1. **Penentuan Kelas Jalan Rel Berdasarkan Beban Lintas Tahunan (*Passing Tonnage)***

Tahapan dalam penentuan kelas jalan rel dibutuhkan data sekunder yaitu berupa: grafik perjalanan kereta api (GAPEKA) yang melintas pada jalan rel Tanjung Karang- Rejosari, jenis kereta api yang melintas dan stamformasi kereta api yang melewati jalan lintas ini. Data-data sekunder yang digunakan dalam analisis ini diperoleh langsung dari PT. Kereta Api Indonesia Divre IV Tanjung Karang. Susunan kereta api penumpang dan barang yang melintas pada lintas Tanjung Karang- Rejosari disajikan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Daftar Kereta Penumpang pada Jalan Rel Tanjung Karang-Rejosari

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kereta Penumpang** | | | |
| **No. KA** | **Nama Kereta Api** | **Lintas** | **Jenis Lokomotif** |
| S1F | Sriwijaya | Kertapati-Tanjung Karang | CC 201 |
| S2F | Sriwijaya | Tanjung Karang-Kertapati | CC 201 |
| S5 | Kuala Stabas | Baturaja-Tanjung Karang | CC 201 |
| S6 | Kuala Stabas | Tanjung Karang-Baturaja | CC 201 |
| S7 | Kuala Stabas | Baturaja-Tanjung Karang | CC 201 |
| S8 | Kuala Stabas | Tanjung Karang-Baturaja | CC 201 |
| S11 | Expres Rajabasa | Kertapati-Tanjung Karang | CC 201 |
| S12 | Expres Rajabasa | Tanjung Karang-Kertapati | CC 201 |

***Sumber:*** *Gapeka 2023 DIVRE IV Tanjung Karang*

**Tabel 4.2.** Daftar Kereta Barang pada Jalan Rel Tanjung Karang- Rejosari.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kereta Barang** | | | |
| **No. KA** | **Nama Kereta Api** | **Lintas** | **Jenis Lokomotif** |
| 3924 | Nitahan | Tarahan-Niru | CC 204 |
| 3923 | Nitahan | Niru-Tarahan | CC 204 |
| 3912 | Tijahpidada | Sukamenanti-Tanjung Enim Baru | CC 204 |
| 3911 | Tijahpidada | Tanjung Enim Baru-Sukamenanti | CC 204 |
| 3050F | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3052F | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3064F | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3056 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3058 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3060 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3062 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3064 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3066 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3068 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3070 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3072 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3074 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3076 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3078 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3080 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3082 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3084 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3086 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3088 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3090 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3092 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3094 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3096 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3098 | Baratarahan | Tarahan-Tanjung Enim Baru | CC 202 |
| 3019F | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3021F | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3023F | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3001 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3003 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3005 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3007 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3009 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3011 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3013 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3015 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3017 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3025 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3027 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3029 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3031 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3033 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3035 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3037 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3039 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3041 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3043 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3045 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3047 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |
| 3049 | Baratarahan | Tanjung Enim Baru-Tarahan | CC 205 |

***Sumber:*** *Gapeka 2023 DIVRE IV Tanjung Karang*

**Tabel 4.3.** Stamformasi Rangkaian Kereta Penumpang

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stamformasi Kereta Penumpang** | | | | | | | | | | | | |
| **No. KA** | **Nama KA** | **Jenis Lokomotif** | **Lintas** | **SF** | **Rangkaian Pokok** | | | | | | | |
| **K1 (SS)** | **K3 Split** | **M1** | **MP2** | **K3 (SS)** | **MP3** | **P1** | **KMP3** |
| S1F | Sriwijaya | CC 201 | Tanjung Karang-Kertapati | 6 | 4 | 2 | 1 |  |  |  |  |  |
| S2F | Sriwijaya | CC 201 | Kertapati-Tanjung Karang | 5 | 4 | 2 | 1 |  |  |  |  |  |
| S5 | Kuala Stabas | CC 201 | Tanjung Karang-Baturaja | 5 |  |  |  |  | 4 | 1 |  |  |
| S6 | Kuala Stabas | CC 201 | Tanjung Karang-Baturaja | 5 |  |  |  |  | 4 | 1 |  |  |
| S7 | Kuala Stabas | CC 201 | Tanjung Karang-Baturaja | 5 |  |  |  |  | 4 | 1 |  |  |
| S8 | Kuala Stabas | CC 201 | Tanjung Karang-Baturaja | 5 |  |  |  |  | 4 | 1 |  |  |
| S11 | Expres Rajabasa | CC 201 | Kertapati-Tanjung Karang | 6 |  |  |  | 5 |  |  |  | 1 |
| S12 | Expres Rajabasa | CC 201 | Tanjung Karang-Kertapati | 6 |  |  |  | 5 |  |  |  | 1 |

**Tabel 4.4.** Stamformasi Rangkaian Kereta Api Barang

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stamformasi Kereta Barang** | | | | | | | | |
| **No. KA** | **Nama KA** | **Jenis Lokomotif** | **Lintas** | **SF** | **Rangkaian** | **Kebutuhan Gerbong** | | |
| GD 42 T | GB 50 T BBR | GT 50 T PULP |
| 3000-3099 | Baratarahan | CC 202 | Tanjung Enim Baru-Tarahan | 20 | 3 |  | 60 |  |
| 3922-3925 | Nitahan | CC 204 | Niru-Tarahan | 22 | 3 |  |  | 66 |
| 3911-3912 | Tijahpidada | CC 205 | Tijahan - Sukamenanti | 22 | 1 | 22 |  |  |

***Sumber:*** *Subdit Sarana dan Prasarana DIVRE IV Tanjung Karang*

**Tabel 4.5.** Beban Gerbong Kereta Api Penumpang

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jenis Kereta** | **Berat Kosong (Ton)** | **Berat Isi (Ton)** | **Bebab Gandar (Ton)** | **Beban Tiap As (Ton)** |
| K1(SS) | 41 | 42 | 24 | 12 |
| M1 | 35 | 40 | 14 | 7 |
| K3 (SS) | 41 | 46 | 14 | 7 |
| K3 Split | 33 | 37 | 14 | 7 |
| K3 Prm | 41 | 46 | 15 | 8 |
| KMP3 | 35 | 40 | 14 | 7 |
| P | 36 | 42 | 14 | 7 |
| MP3 | 33 | 38 | 14 | 7 |

***Sumber:*** *Subdit Sarana dan Prasarana DIVRE IV Tanjung Karang*

**Tabel 4.6.** Beban Gerbong Kereta Api Barang

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis Gerbong** | **Berat Muat (Ton)** | **Berat Kosong (Ton)** | **Berat Total (Ton)** |
|  |
| GT 50 T | 22 | 50 | 72 |  |
| GB 50 T | 22 | 50 | 72 |  |
| GD 42 T | 16 | 42 | 58 |  |

***Sumber:*** *Subdit Sarana dan Prasarana DIVRE IV Tanjung Karang*

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan daya angkut lintas (T) dalan kurun waktu 1 tahun. Perhitungan daya angkut lintas dilakukan berdasarkan data kereta yang melintas dengan memperhatikan jenis lokomotif yang digunakan, berat gerbong total isi dan kosong dan berat kereta penumpang yang melintas. Perhitungan dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

Berikut adalah perhitungan tonase harian pada kereta api penumpang:

1. (S1F) Kereta Api Sriwijaya Lintas Kertapati-Tanjung Karang

Jenis kereta yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* K1 (SS) : 2 x 42 Ton = 84Ton/hr
* M1 : 1 x 40 Ton = 40 Ton/hr
* K3 (SS) : 5 x 46 Ton = 230 Ton/hr
* P : 1 x 42 Ton = 42 Ton/hr
* Lokomotif CC 201 : 1x 82 Ton = 82 Ton/hr

Total Tonase = 478 Ton/hr

1. (S6) Kereta Api Kuala Stabas Lintas Tanjung Karang-Baturaja

Jenis kereta yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* K3 Prm : 4 x 46 Ton = 184Ton/hr
* MP3 : 1 x 38 Ton = 38 Ton/hr
* Lokomotif CC 201 : 1x 82 Ton = 82 Ton/hr

Total Tonase = 304 Ton/hr

1. (S12) Kereta Api Kuala Stabas Lintas Tanjung Karang-Kertapati

Jenis kereta yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* K3 Split : 5 x 37 Ton = 185Ton/hr
* KMP3 : 1 x 40 Ton = 40 Ton/hr
* Lokomotif CC 201 : 1x 82 Ton = 82 Ton/hr

Total Tonase = 307 Ton/hr

Berikutnya untuk perhitungan tonase harian pada kereta api barang sedikit berbeda dengan perhitungan pada kereta penumpang, perbedaan yang terjadi yaitu pada kereta barang dengan nomor kereta api genap atau kereta api menuju arah Palembang tidak memiliki muatan (kosong) dan begitu juga sebaliknya pada kereta bernomor ganjil atau kereta api menuju arah Tanjung Karang memiliki muatan (isi). Berikut adalah contoh perhitungan pada kereta api barang lintas Tanjung Karang-Rejosari:

1. (3924) Kereta Api Nitahan Lintas Tarahan-Niru (Kosong)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GT 50 T Pulp : 66 x 22 Ton = 1452 Ton/hr
* Lokomotif CC 204 : 3 x 84 Ton = 252 Ton/hr

Total Tonase = 2.208 Ton/hr

1. (3925) Kereta Api Nitahan Lintas Niru-Tarahan (Isi)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GT 50 T Pulp : 66 x 72 Ton = 1452 Ton/hr
* Lokomotif CC 204 : 3 x 84 Ton = 252 Ton/hr

Total Tonase = 5.508 Ton/hr

1. (3912) Kereta Api Tijahpidada Lintas Sukamenanti-Tijahan (Kosong)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GD 42 T : 22 x 16 Ton = 352 Ton/hr
* Lokomotif CC 204 : 1 x 84 Ton = 84 Ton/hr

Total Tonase = 436 Ton/hr

1. (3911) Kereta Api Tijahpidada Lintas Tijahan-Sukamenanti (Isi)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GD 42 T : 22 x 58 Ton = 1276 Ton/hr
* Lokomotif CC 204 : 1 x 84 Ton = 84 Ton/hr

Total Tonase = 1.360 Ton/hr

1. (3056) Kereta Api Baratarahan Lintas Tarahan-Tanjung Enim Baru (Kosong)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GB 50 T BBR : 60 x 22 Ton = 1.320 Ton/hr
* Lokomotif CC 202 : 3 x 108 Ton = 324Ton/hr

Total Tonase = 1.644 Ton/hr

1. (3049) Kereta Api Baratarahan Lintas Tarahan-Tanjung Enim Baru (Isi)

Jenis gerbong yang ditarik (Tabel Stamformasi)

* GB 50 T BBR : 60 x 72 Ton = 4.320 Ton/hr
* Lokomotif CC 205 : 3 x 106,4 Ton = 319,2 Ton/hr

Total Tonase = 4.639,2 Ton/hr

Hasil dari rekapitulasi keseluruhan dari kereta penumpang dan kereta barang dilampirkan pada tabel 4.5 dan 4.6.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No. KA** | **Nama KA** | **Jenis Lokomotif** | **Stamformasi** | **Tonnage Gerbong (Ton)** | **Tonnage Lokomotif (Ton)** | **Tonnage Total (Ton)** |
|  |
| S1F | Sriwijaya | CC 201 | 2K1SS + 1M1+5K3SS+1P | 396 | 82 | 478 |  |
| S2F | Sriwijaya | CC 201 | 2K1SS + 1M1+5K3SS+1P | 396 | 82 | 478 |  |
| S5 | Kuala Stabas | CC 201 | 4K3Prm+1MP3 | 222 | 82 | 304 |  |
| S6 | Kuala Stabas | CC 201 | 4K3Prm+1MP3 | 222 | 82 | 304 |  |
| S7 | Kuala Stabas | CC 201 | 4K3Prm+1MP3 | 222 | 82 | 304 |  |
| S8 | Kuala Stabas | CC 201 | 4K3Prm+1MP3 | 222 | 82 | 304 |  |
| S11 | Expres Rajabasa | CC 201 | 5K3Split+1KMP3 | 225 | 82 | 307 |  |
| S12 | Expres Rajabasa | CC 201 | 5K3Split+1KMP3 | 225 | 82 | 307 |  |
| **Beban Lintas Harian Kereta Api Penumpang (Ton/hari)** | | | | | | **2786** |  |

**Tabel 4.7.** Beban Lintas Harian Kereta Api Penumpang Lintas Tanjung Karang-Rejosari

**Tabel 4.8.** Beban Lintas Harian Kereta Api Penumpang Lintas Tanjung Karang-Rejosari

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No. KA** | **Nama KA** | **Jenis Lokomotif** | **Stamformasi** | **Tonnage Gerbong (Ton)** | **Tonnage Lokomotif (Ton)** | **Tonnage Total (Ton)** |
|  |
| 3924 | Nitahan | CC 204 | 66 GT 50 T Pulp (Kosong) | 1452 | 252 | 2208 |  |
| 3923 | Nitahan | CC 204 | 66 GT 50 T Pulp (Isi) | 4752 | 252 | 5508 |  |
| 3912 | Tijahpidada | CC 204 | 22 GD 42 T (Kosong) | 352 | 84 | 436 |  |
| 3911 | Tijahpidada | CC 204 | 22 GD 42 T (Isi) | 1276 | 84 | 1360 |  |
| 3050F | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3052F | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3064F | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3056 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3058 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3060 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3062 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3064 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3066 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3068 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3070 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3072 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3074 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3076 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3078 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3080 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3082 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3084 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3086 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3088 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3090 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3092 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3094 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3096 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3098 | Baratarahan | CC 202 | 60 GB 50 T BBR (Kosong) | 1320 | 324 | 1644 |  |
| 3019F | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3021F | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3023F | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3001 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3003 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3005 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3007 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3009 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3011 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3013 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3015 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3017 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3025 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3027 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3029 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3031 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3033 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3035 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3037 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3039 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3041 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3043 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3045 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3047 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| 3049 | Baratarahan | CC 205 | 2880 GB 50 T BBR (Isi) | 4320 | 319 | 4639 |  |
| **Beban Lintas Harian Kereta Api Barang (Ton/hari)** | | | | | | **166592** |  |

Langkah selanjutnya setelah menghitung daya angkut lintas harian berdasarkan kereta api penumpang dan kereta api barang, kemudian dilakukan perhitungan daya angkut lintas tahunan jalan rel kereta api. Tujuan dari menghitung daya angkut lintas tahunan ini adlaah untuk mengetahui gambaran jumlah beban total dan kecepatan kereta api yang diizinkan pada lintas jalan rel Tanjung Karang- Rejosari. Berdasarkan tabel diatas diperoleh bahwa besar daya angkut lintas harian untuk kereta penumpang yaitu sebesar 2.786 Ton/Hari, sementara untuk kereta api barang yaitu sebesar 166.592 Ton/Hari. Maka untuk mengetahui besar daya angkut lintas tahunan jalan rel Tanjung Karang-Rejosari adalah sebagai berikut:

T = 360 x S x TE

Dimana:

TE = Tp + (Kb × Tb) +(K1 × T1)

Dalam menghitung Tonase ekivalen nilai Kb yang digunakan yaitu 1,5 (beban gandar < 18 Ton dan nilai K1 yaitu 1,4 (Koefisien Lokomotif).

TE = 2.786 +(1,5 x 166.592) + (1,4 x 17.408)

TE = 243.727 Ton/hari

Sehingga, daya angkut lintas tahunan jalan rel Tanjung Karang-Rejosari adalah:

T = 360 x 1,1 x 243.727

T = 96.515.813Ton/Tahun

Jadi berdasarkan perhitungan nilai daya angkut lintas tahunan lintas Tanjung Karang-Rejosari didapatkan nilai tonase tahunan sebesar 96.515.813Ton/Tahun. Berdasarkan peraturan PD PJKA 10 tahun 1986 kelas jalan rel untuk lintas Tanjung Karang-Rejosari termasuk dalam kelas I karena memiliki nilai beban lintas tahunan > 20 juta Ton/Tahun.

* + 1. **Evaluasi Kondisi Rel**

Evaluasi ini dilakukan berdasarkan kelas jalan rel yang diperoleh dan data sekunder komponen jalan rel yang diperoleh sesuai jalan lintas jalan rel Tanjung Karang-Rejosari. Tipe Rel yang digunakan pada Lintas Tanjung Karang-Rejosari yaitu R.54. berikut adalah data teknis rel yang digunakan pada lintas Tanjung Karang-Rejosari.

1. Data Teknis
2. Kecepatan Makasimum ) = 120 km/jam
3. Kecepatan Rencana ) = 1.25 x (VRencana)

= 150 km/jam

1. Tekanan Gandar = 18 Ton *(PD.10 1986) kelasI*
2. Jenis Rel = R.54
3. Momen Inersia ) = 2346cm4
4. Luas Penampang (A) = 69.34 cm2
5. Jarak Tepi Bawah Garis Netral )/ ) = 76.2 mm
6. Modulus Kekauan Rel (K) = 180 kg/cm2 (*PD.10 1986)*
7. Panjang Rel Per Batang = 25 m
8. Modulus Elastisitas Rel (E) = 210000 Mpa
9. Perhitungan Kondisi Rel Terpasang
10. Analisa Beban Dinamis Dengan Persamaan Talbot (Formulasi Talbot)

Pd = )[1 + 0.01( – 5)]

Dimana, Ps = 0.5 P

= 9000 Kg

= 9000 [1+ 0.01 ( – 5)] Pdijin = Kelas Jalan I

= 19940 kg

= 9000 [1 +0.01(88.225606)]

= 9000 [1+0.88225606]

= 9000 [1.88225606]

= 16940.304 kg

Pd < Pd ijin

Maka 16.940.304 < 19940

1. Perhitungan Dumping Faktor Bantalan (Reduksi / Pengurangan)

λ =

=

=

= 0,0097 cm

1. Perhitungan Momen Maksimum Rel (M. maks)

M.maks =

=

= 433.206,455 kg/cm

1. Momen akibat superposisi gandar

Ma = 85% x M. maks

= 85 % x 433.206,455 kg/cm

= 368.225,486 kg/cm

1. Analisa Tegangan pada Rel

σ =

=

= 1.186,919 Kg/Cm2

σbase =

=

= 1239,816 kg/cm2

Tegangan Ijin R.54 berdasarkan (Pd 10 1986)

σijin = 1325 Kg/Cm2

σbase = 1176,8 Kg/Cm2

Berdasarkan perhitungan pada Rel type R.54 diperoleh nilai Tegangan pada rel sebesar 967,703 Kg/Cm2. Nilai tersebut menggambarkan kondisi rel yang terpasang pada jalan rel Tanjung Karang-Rejosari masih dalam kondisi baik hal ini didasari pada tegangan yang diperoleh masih lebih kecil dari tegangan izin rel sesuai dengan kelas jalan rel Tanjung Karang-Rejosari yaitu 1.186,919 Kg/Cm2 < 1325 kg/cm2 dan tegangan yang terjadi di dasar rel masih **belum** memenuhi tegangan dasar rel yang diizinkan yaitu 1239,816 > 1176,8 kg/cm2. Kondisi tegangan dasar rel yang belum memenuhi tegangan yang diizinkan akan memberikan dampak negatif pada operasiona, keamanan maupun pemeliharaan sistem kereta api. Berikut adalah beberapa dampak yang bisa terjadi akibat kondisi tegangan pada dasar rel yang tidak memenuhi tegangan yang diizinkan:

1. Stabilitas Struktur Rel

Tegangan pada dasar rel yang tidak memenuhi standar akan menimbulkan deformasi yang berlebihan pada struktur rel, hal ini tentunya akan mengurangi efisiensi operasional bahkan mengancam stabilitas dan keamanan pergerakan kereta api.

1. Kecepatan Dan Efisiensi Operasional Kereta Api

Kondisi tegangan dasar yang buruk tentunya akan membatasi kecepat operasional kereta api dan berdampak pada penurunan efisiensi operasional kereta api.

1. Biaya Pemeliharaan

Salah satu solusi dari mengatasi dampak dari tegangan dasar rel yang tidak memenuhi adalah melakukan pemeliharaan secara berkala, hal ini tentu membutuhkan biaya pemeliharaan yang cukup tinggi. Biaya pemeliharan ini tidak hanya pada lintasan saja, namun kondisi ini juga berdampak pada kendaraan atau kereta api yang memiliki potensi lebih cepat rusak karena kondisi jalan rel yang kurang baik.

1. Keselamatan dan Kenyamanan Penumpang

Gangguan pada rel dapat menyebabkan goncangan dan ketidaknyamanan bagi penumpang. Ini dapat merugikan pengalaman perjalanan dan merugikan reputasi penyedia layanan kereta api.

Hasil analisis ini juga selaras dengan data laporan penyebab keterlambatan yang diperoleh langsung dari Kantor PT. KAI DIVRE IV dimana beberapa faktor penyebab keterlambatan kereta api disebabkan oleh gangguan pada rel seperti rel patah dan rel retak, gangguan pada geometri dan waktu perawatan jalan rel melebihi waktu yang sudah ditetapkan. Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan dan laporan penyebab keterlambatan yang diperoleh maka untuk mengatasi berbagai dampak yang ditimbulkan serta untuk meningkatkan kinerja operasional kereta api pada stasiun Tanjung Karang – Rejosari perlu dilakukan penggantian rel. Pergantian ini juga bertujuan untuk mengatisipasi peningkatan jumlah daya angkut lintas yang bertambah setiap tahunnya.

* + 1. **Perhitungan Pergantian Rel**

1. Data Teknis R60

Momen Inersia (Ix) : 3.055 cm4

Jarak Tepi Bawah (yb) : 8,095 cm

Tahanan Momen dasar (wb) : Ix/yb

: 377,393 cm3

1. Analisis Beban Dinamis Dengan Persamaan Talbot (Formulasi Talbot)

Pd = )[1 + 0.01( – 5)]

Dimana, Ps = 0.5 P

= 9000 Kg

= 9000 [1+ 0.01 ( – 5)] Pdijin = Kelas Jalan I

= 19940 kg

= 9000 [1 +0.01(88.225606)]

= 9000 [1+0.88225606]

= 9000 [1.88225606]

= 16940.304 kg

Pd < Pd ijin

Maka 16.940.304 < 19940

1. Perhitungan Dumping Faktor Bantalan (Reduksi / Pengurangan)

λ =

=

=

= 0,0091 cm

1. Perhitungan Momen Maksimum Rel (M. maks)

M.maks =

=

= 462.770,558 kg/cm

1. Momen akibat superposisi gandar

Ma = 85% x M. maks

= 85 % x 462.770,558 kg/cm

= 393.354,974 kg/cm

1. Analisa Tegangan pada Rel

σ =

=

= 1.042,294 kg/cm2

σbase =

=

= 1.042,294 kg/cm2

Tegangan Ijin R.60 berdasarkan (Pd 10 1986)

σijin = 1325 kg/cm2

σbase = 1042,3 kg/cm2

Berdasarkan perhitungan pada rel type R.60 diperoleh nilai Tegangan pada rel sebesar 1.042,294 kg/cm2. Nilai tersebut menggambarkan pergantian rel menjadi R.60 pada jalan rel Tanjung Karang-Rejosari kondisi baik hal ini didasari pada tegangan yang diperoleh lebih kecil dari tegangan izin rel sesuai dengan kelas jalan rel Tanjung Karang-Rejosari yaitu 1.042,294 kg/cm2 < 1325 kg/cm2 dan tegangan yang terjadi di dasar rel masih sudahmemenuhi tegangan dasar rel yang diizinkan yaitu 1.042,294 kg/cm2 < 1042,3 kg/cm2.

1. Kebutuhan Penggantian Rel

Kebutuhan penggantian rel R.54 menjadi R.60 dilakukan pada lokasi jalan rel stasiun Tanjung Karang-Rejosaridengan Panjang lintasan 16,324 km. Berikut adalah perhitungan pergantian rel yang dibutuhkan:

Panjang rel R. 60 : 24 m

Panjang lintasan yang diganti : 16.324 m

Total kebutuhan rel R.60 adalah = 680,16 **≈** 681 batang

* + 1. **Analisis Bantalan Terpasang**

1. Data Teknis

Bantalan N-67 Wika Beton

1. Ukuran Balok = 2000 mm x 250 mm x 215 mm
2. Tulangan Tarik (PC Wire) = 8 ɸ 9
3. Kuat Tekan Beton (Fc') = 52 Mpa / K.600 (Koefisien 0.83)
4. Kuat leleh Baja ) = 1400 Mpa
5. Elastis Beton Normal ) = 4700 x √FC

= 33892.183 Mpa

1. Modulus Elastistas Baja ) = 200000 Mpa
2. Modulus Keruntuhan ) = 0.7 x Fc’0.5

= 0.7 x 520.5

= 5,04778

1. Berat Jenis Beton ) = 2400 kg/cm3
2. Luas Tulangan Pretegang ) = 8 ɸ 9

= (3.14 x 9 x 9) x 8

= 508,68 mm2

1. Kuat Tarik Tendon) = 14460 kg/cm2

= 1446 N/mm2

1. Angka Ekivalensu Beton Baja (n) = Es / Ec

= 5.901

1. Dimensi Bawah Rel
2. Luas Penampang ) = 430 cm2
3. Momen Inersia ) = 15139.09 cm4
4. Momen Tahanan Atas ) = 1460.60 cm3
5. Momen Tahanan Bawah ) = 1571.26 cm3
6. Dimensi Tengah Bantalan
7. Luas Penampang ) = 351.5 cm2
8. Momen Inersia ) = 10190.02 cm4
9. Momen Tahanan Atas ) = 1125.35 cm3
10. Momen Tahanan Bawah ) = 1206.63 cm3
11. Perhitungan Analisis Beban Lintas terhadap Bantalan Beton
12. Beban lintas yang diterima oleh bantalan

Q = 60% x Pd

= 60% x 16.940,3 Kg

= 10.164,18 Kg

Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Fc’u

E = 6400

= 6400

= 160.192,655 Kg/Cm

1. Dumping Faktor Bantalan

Bantalan di Bawah Rel

λr1 =

=

= 0.011671254 cm

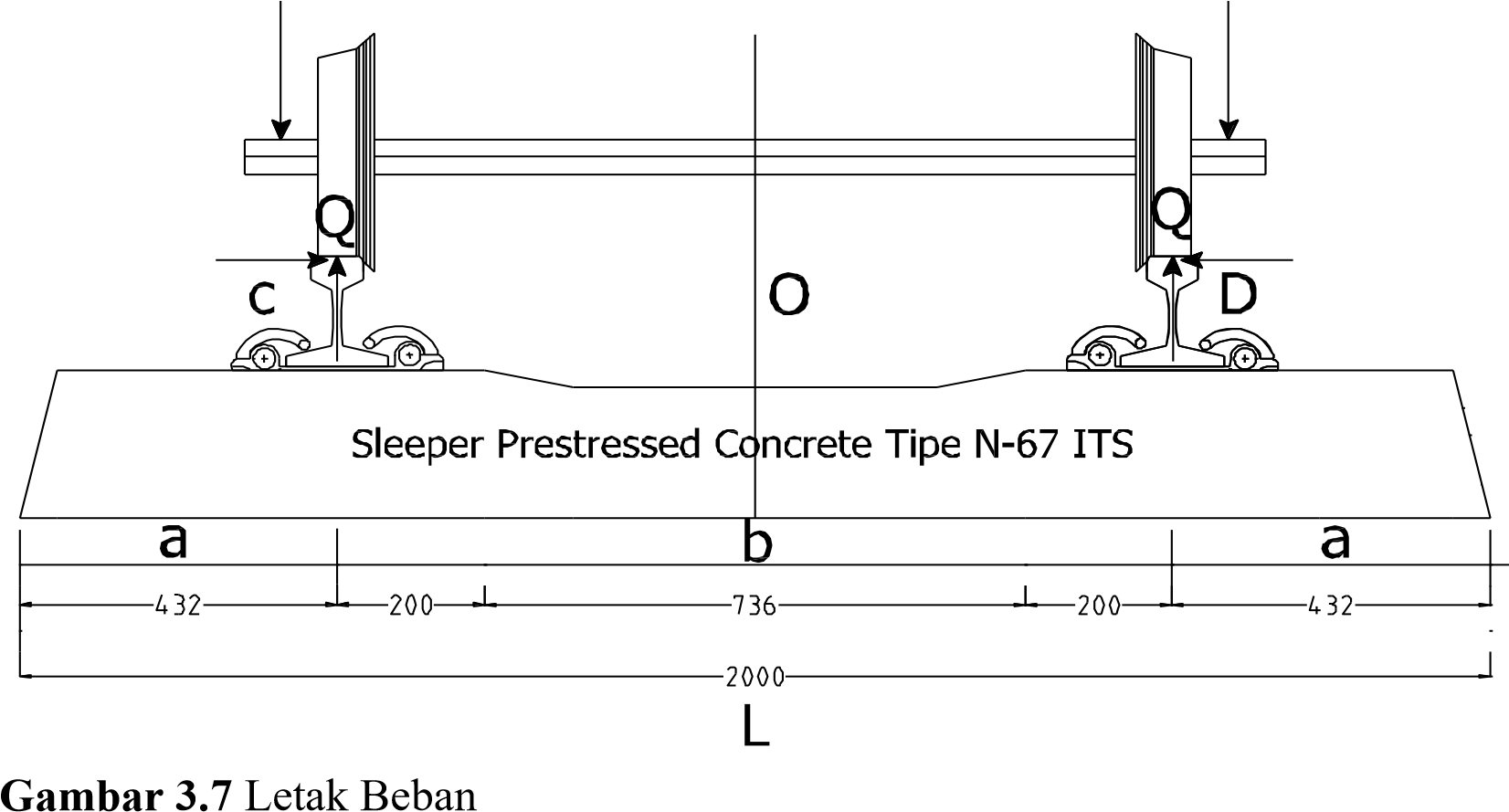
Tengah Bantalan

λr2 =

=

= 0.012885424 cm

1. Analisis Momen



**Gambar 4.7** Letak Beban

(Sumber: *PT. Wijaya Karya,2016)*

Mdesain = 150.000 kg.cm (+)

= 75.000 kg.cm (-)

= 66.000 kg.cm(+)

= 93.000 kg.cm (-)

**Momen yang bekerja pada Bawah Rel**

M = [2cosh²λa (cos2λc + cosh λL)-2cos²λa (cosh 2λc + cosλL) – sinh2λa (sin2λc + sinhλL) – sin2λa (sinh2λc + sinλL)

= x[2,69 x (0,248+5,557) - 1,43 x (2,005+1,738) -1,303 x (0,969 + 5,466) - 0,882 x (1,738 + 5,446)]

= 35453,232 x [3,289 - 15,615 - 1,813,8384 - 2,128]

= 116.610,609 kg.cm

Maka momen yang bekerja pada bawah rel 102.123.2 kg/cm < 150.000 kg/cm [OK]

**Momen yang bekerja pada Tengah Bantalan**

M = - [sinh λc (sinλ c + sinλ (L-c) + sin λc (sinh λc + sinh λ (L-c)) + cosh λc. Cosλ (L-c) – cosλc. cosh λ (L-c)

= - [0,777 (0,656 + 0,951) + 0,656 (0,777 + 3,217) + 1,267 x (-0,309) – 0,755 x 3,369

= - 54.695,079 [1,248 + 2,620 + (-0,391) – 2,543

= - 51.063,599 kg.cm

Maka momen yang bekerja pada tengah bantalan 51.063,599 kg/cm < 75.000 kg/cm [OK]

1. Analisis Tegangan

As = 8 ɸ 9

= 5,086 cm2

fi = 0,7 x fpu

= 0,7 x 14.460 Kg/cm2

= 10.122 Kg/cm2

Pinitial = As x fi (Kondisi transfer 70%)

= 5,086 x 10.122

= 51.480,492 Kg

Pefektif = 0,55 x As x fpu (Kondisi transfer 55%)

= 0,55 x 5,086 x 14.460

= 40.488,958 Kg

er = 0,135 cm

et = 1,055 cm

σijin = 0,4 x Fc’

= 0,4 x 520 Kg/cm2

` = 208 Kg/cm2

**Tahap Pratekan Awal**

1. Bawah Rel
2. Sisi Atas

σ = -

= -

= 114.963 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Sisi Bawah

σ = +

= +

= 124.145 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Tengah Bantalan
2. Sisi Atas

σ = +

= +

= 194.721 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Sisi Bawah

σ = +

= +

= 103.376 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

**Tahap Pratekan Efektif**

1. Bawah Rel
2. Sisi Atas

σ = - +

= - +

= 170.166 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Sisi Bawah

σ = = + -

= - +

= 23.327 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Tengah Bantalan
2. Sisi Atas

σ + -

= - +

= 107.619 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

1. Sisi Bawah

σ = - +

= - +

= 121.730 Kg/cm2 < 208 Kg/cm2 [OK]

* 1. **Evaluasi Kinerja Operasi Kereta Api**

Evaluasi kinerja operasi kereta api adalah proses penilaian dan analisis terhadap berbagai aspek yang mempengaruhi efisiensi, keandalan, dan keselamatan operasi kereta api. Ini melibatkan pengukuran kinerja seperti ketepatan waktu, kecepatan, ketepatan jadwal, tingkat pelayanan kepada penumpang. Tujuan utama dari evaluasi kinerja operasi kereta api adalah untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan layanan kereta api, serta untuk mendukung pengembangan sistem transportasi kereta api yang lebih baik secara keseluruhan.

**4.2.1.** **Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan**

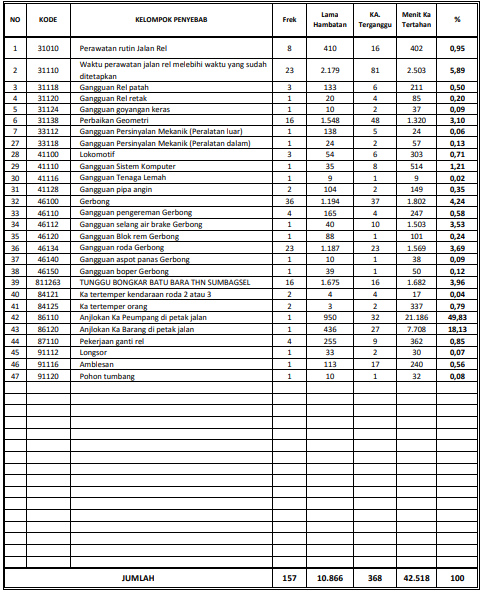
Jalan rel pada lokasi Divre IV Tanjung Karang umumnya banyak dilalui oleh kereta barang, hal ini dapat dilihat dari gapeka dan besarnya tonase tahunan yang diperoleh. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa jalan Tanjung Karang-Rejosari termasuk dalam jalan rel Kelas I yang mengindikasikan banyaknya aktivitas kereta api yang melewati pada jalan rel tersebut.

Ketepatan waktu penjadwalan sangatlah penting dalam dunia transportasi. Keterlambatan dalam transportasi khusunya di Indonesia sendiri sering dianggap menjadi sebuah hal yg biasa terjadi hal ini tentu sangat bertolak belakang dengan prinsip transportasi yang keberlanjutan yang bertujuan menciptakan kebutuhan mobilitas masyrakat dan aksesibilitas yang nyaman baik barang dan jasa kepada semua pengguna.

Pada jalan rel Tanjung Karang-Rejosari keterlambatan banyak terjadi akibat berbagai macam faktor keterlambatan kereta api. Faktor terbesar penyebab keterlambatan kereta api adalah terjadinya anjlokan kereta baik kereta penumpang maupun kereta barang yang terjadi di petak jalan rel, berdasarkan data laporan keterlambatan juli 2023 Divre IV diketahui bahwa faktor anjlokan pada kereta penumpang pada bulan juli memakan waktu keterlambatan yang cukup besar yaitu 21.186 menit yang berdampak terhadap 32 kereta terganggu, selain itu dapat dilihat juga berdasarkan data laporan penyebab keterlambatan ditinjau dari aspek frekuensi atau banyaknya kejadian yang sering terjadi sebagai penyebab keterlambatan yaitu diantaranya gangguan rel dan perawatan yang dilakukan melebih waktu yang ditetapkan. Hal ini juga dapat terjadi akibat peningkatan beban lintas dan juga kondisi tegangan dasar jalan rel yang tidak memenuhi tegangan dasar izin rel. Kondisi rel yang tidak cukup baik akan membutuhkan perawatan lebih secara berkala dan tentunya akan membutuhkan biaya yang lebih tinggi serta juga dapat memicu terjadinya anjlokan pada kereta api.

Keterlambatan menyebabkan berbagai kerugian dan terganggunya pelayanan dan operasi kereta api seperti menyebabkan terganggunya penjadwalan kereta. Faktor-faktor seperti ini tentunya sudah dapat diminimalisir dengan pengecekan secara berkala kondisi jalan rel serta melakukan berbagai kerjasama dengan para pihak terkait untuk mengetahui berbagai faktor teknis maupun non-teknis yang menyebakan terjadinya anjlok sehingga hal ini tidak terjadi secara berulang. Faktor lain yang juga memberikan dampak pada keterlambatan kereta api antara lain: Perawatan rutin jalan rel, gangguan pada persinyalan, waktu tunggu bongkar batubara, gangguan pada sistem gerbong, gangguan faktor eksternal seperti Kereta Api menabrak kendaraan roda dua atau roda 3 ataupun tertabrak orang dan faktor lainnya.

**Tabel 4.9.** Penyebab Keterlambatan Kereta Api



***Sumber****: Subdit Operasional DIVRE IV Tanjung Karang*

**4.2.2. Realiasasi Penjadwalan Perjalanan Kereta Api**

Analisis kinerja operasional kereta api dapat juga dinilai berdasarkan perbandingan waktu realisasi perjalanan kereta api dengan waktu yang tertera pada gapeka. Analisis dilakukan terhadap waktu keberangkatan dan waktu kedatangan kereta api. Berdasarkan data yang diperoleh jadwal keberangkatan untuk kereta penumpang sangat baik hal ini dilihat pada seluruh jadwal keberangkatan kereta api yang terealisasi dengan baik sesuai dengan penjadwalan rencana atau penjadwalan keberangkatan gapeka dengan nilai ketepatan 100 % pada seluruh kereta api penumpang. Sementara itu pada jadwal kedatangan kereta api, waktu operasional tergolong dalam kategori baik, hal ini didasari dengan waktu kedatangan lebih cepat dibanding dengan jadwal pada Gapeka dengan persentasi ketepatan perjalanan kereta api terendah sebesar 87,10 % pada kereta api S7.

**Tabel 4.9.** Laporan Keterlambatan Waktu Keberngkatan Perjalanan Kereta Api Juli 2023



***Sumber:*** *Subdit Operasional DIVRE IV Tanjung Karang*

**Tabel 4.10.** Laporan Keterlambatan Waktu Kedatangan Perjalanan Kereta Api Juli 2023



***Sumber:*** *Subdit Operasional DIVRE IV Tanjung Karang*

Dengan waktu keberangkatan kereta yang baik tentunya ada beberapa keuntungan yang sangat baik yang akan diperoleh baik pihak pengelola dan juga para pengguna layanan kereta api. Keuntungan yang akan sangat dirasakan yaitu efisiensi dalam operasional baik dari segi pengoptimalan perjalanan kereta api, meminimalkan waktu tunggu, mereduksi biaya operasional dan memberikan peningkatan produktivitas layanan. Selain keuntungan yang dirasakan dari segi operasional atau dari dalam pengelolaan transportasi, dengan penjadwalan yang baik tentunya kepercayaan masyarakat akan atau penggunan layanan kereta api akan meningkat untuk memilih kereta api sebagai moda transportasi.

**4.3. Hubungan Evaluasi Rel dan Bantalan Berdasarkan Daya Angkut Lintas terhadap kinerja operasi**