

ANALISA KEAUSAN DAN FAKTOR KEAMANAN KELUAR REL PADA KERETA API LOKOMOTIF

Sri Anastasia Yudistirani¹, Ery Diniardi^{2,*}, Hasan Basri³, Anwar Ilmar Ramadhan⁴

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

^{2,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

³Jurusan Teknik Otomotif dan Alat Berat, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

*E-mail: ery.diniardi@umj.ac.id

Diterima: 20 April 2021

Direvisi: 26 Juni 2021

Disetujui: 13 Juli 2021

ABSTRAK

Kereta api dalam menjalankan fungsinya sebagai sarana transportasi bergerak dari suatu tempat ketempat lainnya berjalan di atas jalan rel. Pada teknologi konvensional berupa teknologi dua rel sejajar, jalan rel berbentuk dari dua batang rel baja diletakkan di atas balok-balok melintang. Balok-balok melintang disebut bantalan. Dengan susunan dan tambatan yang demikian maka susunan dan struktur rel-bantalan-penambat rel menjadi suatu rangka yang kokoh. Untuk menjamin keamanan terhadap bahaya “keluar rel” sudut bidang kontak B minimal tidak boleh kurang dari 60°. Hal ini dipakai sebagai dasar untuk menentukan norma-norma pembatasan aus rel dengan “Faktor keamanan keluar rel” adalah angka perbandingan antara “U” dan “V”, yang disingkat dengan huruf “n”. Harga “n”, yaitu menunjukkan harga “faktor keamanan keluar rel” Harga H/Q, yaitu angka perbandingan antara gaya arah “horizontal” (H) dan besarnya tekanan roda (Q). Bahwa aus yang berlebihan dan perubahan bentuk pada batang rel itu disebabkan oleh terjadinya slip di tempat dalam tempo yang cukup lama, biasanya terjadi slip di tempat sehingga kereta tidak bias bergerak maju disebabkan karena pembebanan berat rangkaian kereta api yang melampaui batas keausan dari rel tersebut. Jadi pada analisa ini dapat dilakukan perhitungan atau mengetahui jalan rel licin (jalan basah), pada saat kereta api berjalan pada kecepatan tinggi atau kecepatan rendah. Hal ini dapat ditentukan oleh f_{max} , dari perhitungan dan melalui grafik maka diambil $f_{max} = 0.25$ dengan “n” = 2.

Kata kunci: kereta api, aus rel, faktor keamanan keluar rel

ABSTRACT

The train in carrying out its function as a means of transportation moves from one place to another running on rail roads. In conventional technology in the form of two parallel rails technology, the rail road is shaped from two steel rail bars placed on transverse beams. The transverse beams are called bearings. With such an arrangement and mooring, the arrangement and structure of the rail-bearing-rail anchorage becomes a solid frame. To ensure safety against the danger of "out of the rail" the contact angle B should not be less than 60°. This is used as the basis for determining the norms for limiting rail wear with the "safety factor out of the rail" is the ratio between "U" and "V", which is abbreviated as the letter "n". exit rail "H/Q price, which is the ratio between the horizontal direction (H) and the wheel pressure (Q). That excessive wear and deformation of the rail rods are caused by slipping in place for a long time, usually slips in place so that the train cannot move forward due to the heavy load of the train series that exceeds the wear limit of the rail. In this analysis it can be calculated or know the slippery rail road (wet road), when the train is running at high speed or low speed. This can be determined by f_{max} , from calculations and through graphs it is taken $f_{max} = 0.25$ with "n" = 2.

Keywords: *train, rail wear, rail exit safety factor*

PENDAHULUAN

Di dalam era globalisasi saat ini, terlihat jelas bahwa kebutuhan transportasi semakin hari semakin bertambah sejalan dengan melajunya tingkat pertumbuhan penduduk, mobilitas penduduk, pembangunan negara serta kemakmuran rakyat (Aditya, et al, 2004, Diniardi et al, 2015, Fitscar, 2021).

Salah satu jenis transportasi yang banyak digunakan di Indonesia adalah transportasi darat yang meliputi kereta rel, kendaraan bermotor, dan lain sebagainya. Pada saat ini kondisi lintasan kereta api di Indonesia sebagian besar masih menggunakan jalur tunggal (*single-track*). Lintasan kereta api memungkinkan terjadinya keausan pada rel, karena sering dilalui oleh kereta api itu sendiri (Usworo, et al, 2019, Yudistirani, et al, 2021).

Kereta rel yang biasanya disebut dengan kereta api merupakan salah satu alat transportasi darat yang memiliki banyak keunggulan seperti :

- Mampu mengangkut orang atau barang dalam jumlah yang banyak.
- Pengaturan lalu lintas yang mudah dan hampir tidak mengalami kemacetan dalam perjalanannya.
- Jumlah terjadinya kecelakaan lebih sedikit.
- Memiliki tingkat polusi yang lebih rendah dibandingkan dengan kendaraan bermotor.

Pada saat ini kereta api memiliki beberapa kelas di setiap jenis kereta yaitu: kelas eksekutif, kelas bisnis, kelas ekonomi. Sesuai dengan kemajuan teknologi yang begitu pesat, dapat menyediakan dan menciptakan gerbong-gerbong berkualitas yang memiliki kekuatan, keseimbangan serta daya tahan terhadap guncangan dan getaran yang terjadi di saat kereta berjalan pada kecepatan tinggi, yang tujuannya untuk meningkatkan pelayanan kepada para pengguna jasa transportasi massal tersebut (Suratno, et al, 2019, Diniardi, et al, 2019).

Dari yang sudah dipraktekkan, dapat dilihat kecanggihan teknologi pada kereta api sekarang ini yang mempunyai fasilitas memadai dan modifikasi yang sempurna yang diciptakan untuk kenyamanan para pengguna saat berada didalamnya. Oleh karena itu, penulis mencoba menganalisa jalan rel yang

ada pada saat ini sangat penting dan factor keamanan yang sangat tinggi (Rahardja, et al, 2020, Sukarman, et al, 2020, Yakub, et al, 2018).

Gambaran besar jalan rel

Bangunan rel memang harus diperkuat, karena akibat kenaikan volume lalu-lintas dan kecepatan kereta bangunan rel akan selalu melemah. Di samping itu ada sebab lain mengapa jalan rel mesti selalu diperkuat yaitu ada kesulitan dalam pekerjaan memeliharanya. Agar supaya rel dapat mempunyai umur manfaat yang lebih panjang, maka yang digunakan adalah rel tahan aus dan tidak mudah retak. Untuk mendapatkan rel yang tahan aus dan tidak mudah retak bahan dasar rel selain Fe sebagai bahan utama, juga mengandung Mn, kandungan Mn diperlukan sebagai bahan deoksidasi dan sebagai bahan campuran (Zakaria, et al, 2021, Diniardi, et al, 2019).

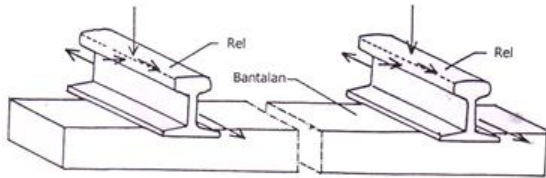
Kekuatan rel diukur oleh kekuatan tarik. Rel yang digunakan harus mempunyai kuat tarik minimum sebesar 90 kg/mm², dengan panjang minimum 10 %. Kekerasan kepala rel biasa, tidak boleh kurang dari 240 Brinell. Kekerasan kepala rel dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas (*heat treatment*), yang dengan perlakuan ini dapat mencapai kekerasan sebesar 320 – 388 Brinell. Dengan perlakuan panas umur rel dapat menjadi 2 hingga 3 kali lebih panjang dibandingkan dengan umur rel biasa (Sari, et al, 2021, Diniardi, et al, 2014, Mahmud, et al, 2020).

Mengingat keausan rel luar pada lengkungan/tikungan lebih cepat terjadi dibandingkan dengan yang terjadi pada kereta lurus maka rel yang mendapat perlakuan panas (*heat treated rails*) yang cocok digunakan untuk rel luar. Berikut ini berbagai cara memperkuat jalan rel :

Rel

Rel pada jalan rel mempunyai fungsi sebagai pijakan menggelindingnya roda kereta api dan meneruskan beban dari roda kereta api kepada bantalan. Rel ditumpu oleh bantalan-bantalan, sehingga rel merupakan batang yang ditumpu yang sedemikian, tekanan tegak lurus dari roda menyebabkan momen lentur pada rel

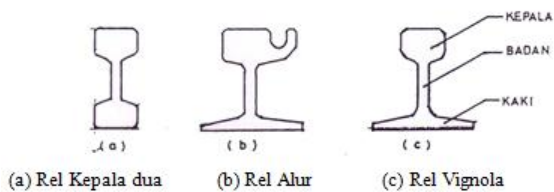
di antara bantalan-bantalan. Selain itu, gaya arah horisontal yang disebabkan oleh gaya angin, goyangan kereta api, dan gaya sentrifugal (pada rel sebelah luar) menyebabkan terjadinya momen lentur arah horisontal.



Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja pada Rel (Jaya, et al, 2021)

Agar rel dapat menahan momen-momen tersebut maka rel dibuat sebagai batang dengan bentuk dasar profil I. Pengembangan dari bentuk profil I tersebut terdapat tiga macam bentuk rel, yaitu :

- a). Rel berkepala dua.
- b). Rel alur (*Grooved Rail*), dan
- c). Rel Vignola.



Gambar 2. Macam-macam bentuk Rel (Jaya, et al, 2021)

Rel vignola (ditemukan pertama kali oleh Charles Vignoles tahun 1836) merupakan bentuk rel yang umumnya di gunakan pada jalan rel, termasuk di Indonesia.

Rel vignola terdiri atas tiga bagian rel, yaitu : kepala, badan, dan kaki. Rel bentuk vignola mempunyai keunggulan-keunggulan sebagai berikut :

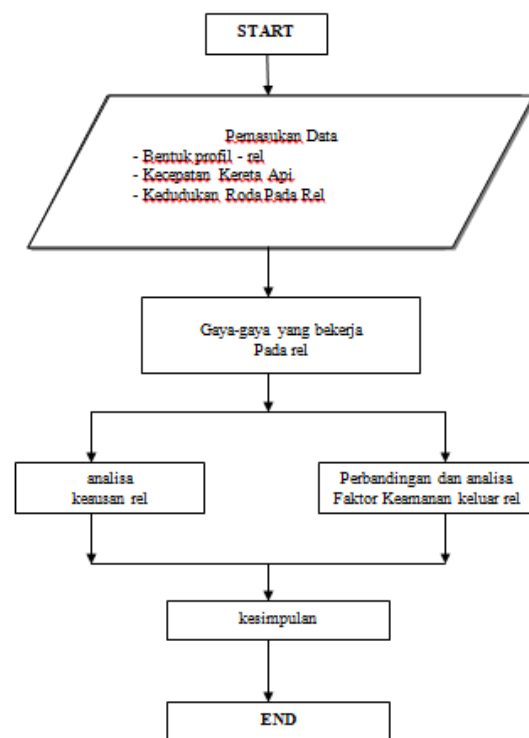
- a). Momen perlawanan cukup besar, tetapi relatif mudah untuk di bentuk lengkungan horisontal.
- b). Kaki yang lebar dengan sisi bawah datar, menjadikan rel mudah diletakkan dan di

tambatkan pada bantalan, serta lebih stabil kedudukannya.

- c). Kepala rel sesuai dengan bentuk roda.

Keausan rel terutama terjadi pada bagian kepala, oleh karena untuk mendapatkan umur rel yang lebih panjang, bagian kepala diperbesar. Selain hal tersebut (untuk ketahanan terhadap aus rel), diperbesarnya kepala rel adalah karena kepala rel merupakan tumpuan roda kereta.

METODE PENELITIAN



Gambar 3. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gaya Reaksi Roda Dan Rel Gaya lurus (jalan lurus)

Gaya horisontal yang dialami roda hanya gaya-gaya yang diakibatkan oleh beban lokomotif. Bentuk kelonggaran normal antara roda rel Kelonggaran normal menurut pihak PJKA lebih kecil atau sama dengan 8 mm, sedangkan lebar kereta dan dimensi roda tetap. Sehingga pada jalan yang lurus gaya gesekan terjadi hanya pada permukaan bandasi roda sebesar :

$$F_g = I \frac{\mu}{R_{rd}^2}$$

$$F_g = 13690 \frac{0,5}{2430^2}$$

$$= 0,011 \text{ m/s}^2$$

Dimana:

I = Momen inersia rel (R42) = 13690mm

R_{rd} = Jari-jari roda

Diameter roda = 774mm

Jadi, jari-jari roda = 3,14 x 774 = 2340 mm

μ = Percepatan = 0,5 m/s²

F_g = Gaya gesek

Sehingga tahanan percepatan dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$F_p = \frac{G}{g} a (1 + c)$$

$$F_p = \frac{96 \text{ ton}}{9,8 \text{ m/s}^2} 0,5 \text{ m/s}^2 (1 + 0,1)$$

$$= 5,4 \text{ ton}$$

Dimana:

F_p = Tahanan percepatan

G = Berat total kereta lokomotif = 96 ton

g = Gaya gravitasi = 9,8 m/s²

μ = Percepatan = 0,5 m/s²

c = Konstanta

Kereta-penumpang = 0,03 – 0,1

Rangkaian lok + kereta = 0,6

Lok Uap = 0,08 – 0,1

Lok listrik = 0,15 – 0,3

Faktor Dinamis

Untuk mentransformasi gaya statis ke gaya dinamis digunakan faktor dinamis sebagai berikut :

$$I_p = 1 + 0,01 (V / 1,609 - 5)$$

$$= 1 + 0,01 (120 / 1,609 - 5)$$

$$= 1,69 \text{ Ton}$$

dengan :

I_p : Faktor dinamis

V : Kecepatan kereta api (km/jam)

Sehingga gaya dinamis dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_d = P_s \times I_p$$

$$= 8 \times 1,69 \text{ Ton}$$

$$= 13,52 \text{ Ton}$$

dengan:

P_d : Gaya dinamis (ton)

P_s : Gaya statis (ton)

I_p : Faktor dinamis

Dasar Perhitungan Tipe Rel yang Digunakan

Untuk penentuan tipe rel yang mendasar pada perhitungan dimensi rel, bahwa rel merupakan suatu balok tidak terhingga panjangnya. Dengan pembebanan terpusat dan ditumpu oleh truktur yang mempunyai modulus elastisitas.

$$\eta = \text{damping faktor} = \sqrt[4]{\frac{4}{4EI}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{4}{4.2,1 \times 10^6 \cdot 1.369}}$$

$$= 2 \text{ kg/cm}^2$$

dengan :

K : Modulus elastisitas jalan rel = 180 kg/cm²

I_x : Momen inersia rel pada sumbu x-x

E : Modulus elastisitas rel = 2,1 x 10⁶

P_d : Gaya dinamis roda

Untuk transformasi gayastatis roda menjadi gaya dinamis roda digunakan rumus sabagai berikut :

$$P_d = P_s + 0,01 P_s (V - 5)$$

$$= 8 + 0,01 \times 8 (120 - 5)$$

$$= 17,2 \text{ ton}$$

dengan :

P_d : Gaya dinamis roda (ton)

P_s : Gaya statis roda = 8 (ton)

V : Kecepatan kereta api dalam km/jam

Tegangan yang terjadi pada rel adalah :

$$\sigma = \frac{M1y}{I_x}$$

$$= \frac{0,85.68,50}{1.396}$$

$$= 41,7 \text{ kg/cm}^2$$

dengan :

σ : Tegangan yang terjadi pada rel

M1 : 0,85 Mo (akibat super posisi beberapa gandar)

y : Jarak tepi bawah rel ke garis netral

I_x : Momen inersia terhadap sumbu x-x

Sesuai dengan standar jalan rel Indonesia, termasuk beban gandar maksimum untuk lokomotif sebesar 96 ton, maka besarnya tegangan yang terjadi sesuai dengan tipe rel.

Tabel 1. Tegangan yang terjadi pada rel berdasarkan atas standar jalan rel Indonesia (Putri, et al, 2014)

Tipe Rel	Tegangan (kg/cm ²)
R.42	41,7
R.50	31,1
R.54	27,6
R.60	22,5

Norma Pembatasan Aus Rel

Perumusan untuk pembatasan aus rel meksimum yang diberlakukan di Perusahaan Kereta Api. Adalah sebagai berikut:

1. Untuk beret rel > 33 kg/mm : e = 0,54 x h - 4 (mm)
2. Untuk berat rel < 33 kg/mm : e = 0,54 x h - 3 (mm)

Dengan perumusan diatas dapat dijamin, bahwa sudut dari bidang singgung antara flens roda dan rel tidak akan berkurang dari 60°. Dengan perhitungan berbagai jenis rel yang ada maka memakai rumus:

Untuk berat rel > 33 kg/mm : e = 0,54 x h - 4 (mm)

Dimana : e = Batas aus maksimum yang diperkenankan (mm)

h = Tinggi kepala Rel (sebelum aus) mm

Jenis rel R.42

Berat Rel 42,59 kg/mm

e = 0,54 x h - 4 (mm)

e = 0,54 x 40,50 - 4

= 17,8 mm

Tabel 2. Keausan jalan Rel (Amin, et al, 2020)

Jemis Rel R	Berat Rel (kg/mm)	Tinggi kepala H	Keausan Rel "e" (mm)
R.42	42,59	40,50	17,8
R.50	50,40	49,00	22,4
R.54	54,43	49,40	22,6
R60	60,34	51,00	23,5

Faktor keamanan keluar rel

Untuk mencegah agar roda tidak naik keatas dan keluar rel, maka haruslah gaya yang kebawah "U" itu lebih besar dari pada gaya yang keatas "V". Dan yang dimaksud dengan "faktor keamanan keluar rel" itu tidak lain adalah angka perbandingan antara "U" dan "V", yang disingkat dengan huruf "n" (Amin, et al, 2020).

Jadi faktor keamanan keluar rel adalah :

$$\begin{aligned}
 "n" &= \frac{U}{V} = \frac{Q \cdot \sin \beta}{H \cdot (f \cdot \sin \beta + \cos \beta) + f \cdot Q \cdot \cos \beta} \\
 &= \frac{94,6}{93,2} \\
 &= 1.02 \text{ N}
 \end{aligned}$$

apabila dibagi dengan Q . sin β , maka terdapat:

$$n = \frac{\frac{\sin \beta}{\cos \beta}}{\frac{H}{Q} (f \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} + 1) + f}$$

$$n = \frac{\text{tg } \beta}{\frac{H}{Q} (f \cdot \text{tg } \beta + 1) + f}$$

atau :

$$n \cdot \frac{H}{Q} (f \cdot \text{tg } \beta + 1) + n \cdot f = \text{tg } \beta$$

$$\frac{H}{Q} = \frac{\text{tg } \beta - n \cdot f}{n \cdot (f \cdot \text{tg } \beta + 1)}$$

Untuk profil bandasi yang baru, maka sudut B = 60°

Dimana : tg B = tg 60° = 1.73

Sedangkan f_{max} = 0,2 (Coeffisien gesek antara roda & rel)

Jadi untuk rumus untuk sudut B = 60° menjadi sebagai berikut :

$$\frac{H}{Q} = \frac{1,73 - 0,2 \cdot n}{n \cdot 1,43}$$

Untuk masing-masing harga "n" terdapat harga perbandingan atau persentase dari $\frac{H}{Q}$, yaitu sebagai berikut :

Untuk n = 1 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 2,18 = 218 \%$

" n = 2 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,95 = 95 \%$

" n = 3 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,53 = 53 \%$

” n = 4 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,33 = 33 \%$

” n = 5 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,20 = 20 \%$

Kalau sudut B = 70°, dimana tg 70° = 2,75 maka terdapat harga-harga perbandingan atau persentase sebagai berikut :

$$\frac{H}{Q} = \frac{2,75 - 0,2.n}{nx1,54}$$

Untuk n = 1 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 2,55 = 255 \%$

” n = 2 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,80 = 180 \%$

” n = 3 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,10 = 110 \%$

” n = 4 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,75 = 75 \%$

” n = 5 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,53 = 53 \%$

Begitu juga sudut B = 80° , dimana tg 80° = 5,67 maka harga perbandingan atau persentase adalah :

$$\frac{H}{Q} = \frac{5,67 - 0,2.n}{nx2,13}$$

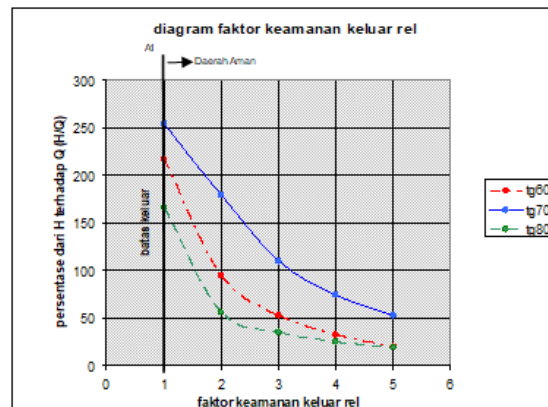
Untuk n = 1 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,16 = 116 \%$

” n = 2 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,56 = 56 \%$

” n = 3 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,35 = 35 \%$

” n = 4 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,25 = 25 \%$

” n = 5 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,19 = 19 \%$



Gambar 4. Diagram faktor keamanan keluar rel

Untuk profil bandasi yang baru, maka sudut B = 60°

Dimana : tg B = tg 60° = 1.73

gesek Sedangkan f_{max} = 0,25 (Coeffisien antara roda & rel)

Jadi untuk rumus untuk sudut B = 60° menjadi sebagai berikut :

$$\frac{H}{Q} = \frac{1,73 - 0,25.n}{nx1,43}$$

Untuk masing-masing harga “n” terdapat harga perbandingan atau persentase dari $\frac{H}{Q}$, yaitu sebagai berikut :

Untuk n = 1 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,04 = 104 \%$

” n = 2 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,43 = 43 \%$

” n = 3 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,23 = 23 \%$

” n = 4 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,13 = 13 \%$

” n = 5 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,07 = 7 \%$

Kalau sudut B = 70°, dimana tg 70° = 2,75 maka terdapat harga-harga perbandingan atau persentase sebagai berikut :

$$\frac{H}{Q} = \frac{2,75 - 0,25.n}{nx1,54}$$

Untuk n = 1 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,63 = 163 \%$

” n = 2 : terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,73 = 73 \%$

” $n = 3$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,43 = 43 \%$

” $n = 4$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,28 = 28 \%$

” $n = 5$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,19 = 19 \%$

Begitu juga sudut $B = 80^\circ$, dimana $\text{tg } 80^\circ = 5,67$ maka harga perbandingan atau persentase adalah :

$$\frac{H}{Q} = \frac{5,67 - 0,25.n}{n \times 2,13}$$

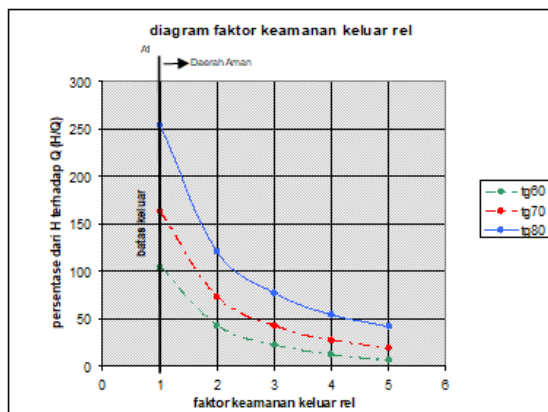
Untuk $n = 1$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 2,54 = 254 \%$

” $n = 2$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 1,21 = 121 \%$

” $n = 3$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,77 = 77 \%$

” $n = 4$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,55 = 55 \%$

” $n = 5$: terdapat : $\frac{H}{Q} = 0,42 = 42 \%$



Gambar 5. Diagram faktor keamanan keluar rel

Untuk “n” (faktor keamanan keluar rel) yang sama, bila μ bertambah kecil dalam keadaan rel licin (jalan basah), maka nilai $\frac{H}{Q}$ menjadi

lebih kecil. Untuk $\frac{H}{Q}$ yang sama, bila μ bertambah kecil keadaan rel licin/basah, maka “n” (faktor keamanan keluar rel) menjadi lebih

kecil. Semakin kecil μ kondisi jalan rel makin licin, maka diambil $\mu = 0,25$ dengan “n” lebih besar maka faktor kemandan lebih besar terhadap persentase dari H terhadap Q ($\frac{H}{Q}$),

untuk keamanan didalam operasi perjalanan angka untuk “faktor keamanan keluar rel”, yaitu “n” = 2. Dan untuk menjamin keamanan, sudut – B ini dibatasi = 60° (tidak boleh kurang dari 60°), minimal. Jadi untuk suatu sudut bidang kontak tertentu, maka besarnya angka perbandingan antara H dan Q yang menentukan derajat keamanan terhadap bahaya keluar rel.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan perhitungan yang telah dilakukan pada masalah yang ada, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Kalau kondisi keausan rel maupun flens roda sedemikian rupa, sehingga α menjadi lebih kecil 60° . maka rel harus diganti.
2. Bila μ (koefisien gesek) lebih kecil maka rel dalam keadaan licin (jalan basah), maka faktor keamanan keluar rel akan semakin kecil dibandingkan dengan kondisi jalan kering maka μ lebih besar.

Dengan kondisi μ dan α yang sama, bila $\frac{H}{Q}$ besar maka faktor keamanan kecil, begitu juga sebaliknya Bila $\frac{H}{Q}$ kecil maka faktor keamanan besar.

DAFTAR PUSTAKA

Adityadharma, C., Joewono, T. B., & Santosa, W. (2004). Kajian Sistem Manajemen Pemeliharaan Jalan Rel Daerah Operasi 2 Bandung: Studi Kasus Distrik 23c Kiaracandong. *Jurnal Transportasi*, 4(1).

Amin, F., & Prayogi, E. (2020). Analisis Pengaruh Korugasi pada Lengkung Lintas Stasiun Fatmawati terhadap Ride Index dan Usia Pakai Rel. *journal of admiration*, 1(4), 329-343.

Diniardi, E., Ramadhan, A. I., Mubarak, R., & Basri, H. (2015). Analysis of mechanical properties connecting rod bolts outboard motor FT50CEHD. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 4(5), 665-670.

- Diniardi, E., Nelfiyanti, N., Mahmud, K. H., Basri, H., & Ramadhan, A. I. (2019). Analysis of the Tensile Strength of Composite Material from Fiber Bags. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 2(2), 39-48.
- Diniardi, E., Setiawan, B., & Ramadhan, A. I. (2019). Fatigue Analysis Aluminium 6063-TF on the Rotary Bending Testing Machine. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 2(1), 7-12.
- Diniardi, E., Ramadhan, A. I., & Basri, H. (2014). Analisis Kekuatan Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Material Polimer Penyusun Kipas Radiator. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 55-67.
- Fistcar, W. A. (2021). Study of Concrete Bearing Behavior for 1067 mm Track Width with Variation in Track Quality Index (TQI) Values. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 5(1), 12-12.
- Jaya, F. H., & Miswanto, M. (2019). Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage (Studi Kasus: Jalan Rel Lintas Tanjung Karang–Bekri). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 33-45.
- Mahmud, K. H., Yudistirani, S. A., Diniardi, E., & Ramadhan, A. I. (2020). Hardness Analysis of Bearing on Heat Treatment Process. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 2(3), 59-64.
- Putri, F. I. (2014). Rekam Jejak Kerusakan Traksi Motor Lokomotif untuk menentukan Interval Waktu Penggantian Komponen berdasarkan Keandalan (Reliabilitas). *Jurnal Teknik Mesin*, 2(02).
- Rahardja, I. B., Rahdiana, N., Mulyadi, D., Al Afghani, A., & Ramadhan, A. I. (2020). Analisis Pengaruh Radius Bending Pada Proses Bending Menggunakan Pelat Spcc-Sd Terhadap Perubahan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 1(1), 1-10.
- Sari, W. N., Nadi, M. A. B., & Ridho, A. M. (2021). Perencanaan Geometri Jalan Rel Trase Bakauheni-Sidomulyo. *Journal of Science and Applicative Technology*, 5(1), 148-157.
- Sukarman, S., Anwar, C., Rahdiana, N., Khoirudin, K., & Ramadhan, A. I. (2020). Analisis Pengaruh Radius Dies Terhadap Springback Logam Lembaran Stainless-Steel Pada Proses Bending Hidrolik V-Die. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 123-132.
- Surasno, S., & Tjahjohartoto, B. (2019). Analisa Kegagalan Dongkrak Rel Kereta Api Kapasitas 10 Ton. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 4(1), 35-42.
- Usworo, R. F. W., Hartono, A. S., & Pratama, U. (2019). Optimalisasi Perawatan Terhadap Guna Meminimalisir Gangguan Terhadap Lokomotif CC 203 Di Daop 2 Bandung. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 3(2).
- Yakub, A., Karmiadi, D. W., & Ramadhan, A. I. (2016). Optimasi Desain Rangka Sepeda Berbahan Baku Komposit Berbasis Metode Anova. *Jurnal teknologi*, 8(1), 17-22.
- Yudistirani, S. A., Mahmud, K. H., & Diniardi, E. (2021). Stamping Disability Analysis on Material SPC 270 E. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 3(3), 75-80.
- Zakaria, L. (2021). Perbandingan Kinerja Jarak Pengereman Blok Rem Berbahan Metalik Dan Komposit Pada Kereta Api. *Jurnal TEDC*, 15(1), 113-124.