

**ANALISIS PERHITUNGAN TEKNIS
BRAKE CYLINDER 10 INCH DAN 12 INCH PADA GERBONG TERBUKA
(STUDI KASUS : GERBONG TERBUKA DI BALAI YASA SURABAYA
GUBENG)**

Oleh:

Hari Boedi Wahjono, API Madiun, Email: hariboedi@api.ac.id
Akbar Zulkarnain, API Madiun, Email: akbar@api.ac.id
Royyan Rukai, API Madiun, Email: royan.tmp25@alumni.api.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini disusun dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan *brake cylinder* dari ukuran 10 inch menjadi 12 inch pada Gerbong Terbuka, karena Gerbong Terbuka ini merupakan satu – satunya gerbong yang memiliki dua buah *brake cylinder* berbeda dengan gerbong yang lainnya. Penelitian dilakukan dengan menghitung presentase pengereman pada penggunaan *brake cylinder* tipe ukuran 10 inch dan 12 inch pada gerbong Terbuka yang digunakan di Balai Yasa Surabaya Gubeng. Menghitung waktu kerja dan waktu release pada *brake cylinder* dengan ukuran 10 inch dan 12 inch dari tekanan 0,4 – 3,8 kg/cm². Menghitung jarak pengereman dengan asumsi jenis lokomotif dan jumlah gerbong yang ditarik sama. Penelitian menghasilkan waktu kerja dan waktu release mendapat hasil yang bervariasi yaitu waktu kerja lebih cepat pada BC 12 inch dan waktu release lebih cepat pada BC 10 inch. Hasil presentase pengereman yang sudah didapatkan dari penghitungan dengan standar presentase pengereman adalah 40 % $<\lambda \leq 120$ %. Dari standar yang ditentukan sesuai UIC, pada penggunaan *brake cylinder* 10 inch tidak memenuhi syarat pada hasil perhitungan presentase pengereman saat muatan penuh, dan untuk *brake cylinder* dengan ukuran 12 inch dapat memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan. Hasil presentase tekanan blok rem yang sudah didapatkan dari penghitungan dengan standar presentase pengereman adalah 30 % $<\beta \leq 85$ %. Dari standar yang ditentukan sesuai UIC, pada penggunaan *brake cylinder* 10 inch tidak memenuhi syarat pada hasil perhitungan presentase tekanan blok rem muatan penuh, sedangkan untuk *brake cylinder* dengan ukuran 12 inch memenuhi. Jarak pengereman yang diperoleh dari hasil simulasi hitungan dengan faktor yang sudah ditentukan memperoleh hasil dengan jarak pengereman untuk BC 12 inch lebih dekat daripada yang menggunakan BC 10 inch. Untuk menyempurnakan hasil penelitian ini perlu dilakukan pengujian terhadap komponen *brake cylinder* secara dinamis.

Kata Kunci: Gerbong Datar, *Brake Cylinder*, Presentase Pengereman, waktu kerja, waktu release, jarak pengereman

ABSTRACT

This research was designed to know the effect of cylinder brake change from 10 inches to 12 inches in Freight Wagon, because Freight Wagon is the only wagon that has two different cylinder brakes with other wagon. The research was conducted by calculating braking percentage on the use of brake type cylinders 10 inches and 12 inches on Freight Wagon which is used in Balai Yasa Surabaya Gubeng. Calculate working time and release time on brake cylinder with size 10 inch and 12 inch from pressure 0,4 - 3,8 kg / cm². Calculate the distance of braking with assumption that types of locomotives and the number of carriages are same. Research produces that work time and release time gets mixed results, working time on 12 inch BC is faster and release time on 10 inch BC is faster. The result of braking percentage that has been obtained from the calculation with standard braking percentage is 40% $<\lambda < 120$ %. Of the UIC standards specification, the use

of a 10-inch brake cylinder does not qualify for braking percentage calculations at full charge, and for 12-inch cylinder brakes may meet the prescribed requirements. The percentage of brake block pressure obtained from the standard braking percentage is $30% < \beta < 85%$. Of the UIC standards specification, the use of a 10-inch brake cylinder does not qualify on the calculation of percentage of full pressure brake block pressure, while for 12-inch cylinder brake meets. The braking distance generated from the simulated results with a predetermined result with braking distance for BC 12 inches closer than using 10-inch BC. To perfect the results of this research it is necessary to dynamic test the components.

Keywords: Flat Wagon, Brake Cylinder, Braking Presents, working time, release time, braking distance

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Gerbong merupakan salah satu sarana perkeretaapian yang berfungsi untuk mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lain. Barang yang diangkut menggunakan gerbong berupa barang umum, barang khusus, barang berbahaya dan beracun, dan limbah bahan berbahaya dan beracun. Gerbong juga dibedakan berdasarkan muatannya yaitu lori – gerbong Terbuka untuk mengangkut bahan galian tambang, tangki untuk mengangkut muatan berbentuk cair, dan peti kemas.

Pengereman merupakan komponen yang sangat penting pada sarana, pengereman tersebut bertujuan untuk mempertahankan kecepatan, memperlambat sarana dan memberhentikan sarana. Sistem pengereman yang digunakan yaitu berupa sistem pengereman udara tekan, juga pengereman bersifat otomatis. Sistem pengereman tersebut berfungsi untuk pengaman pada sarana. Pada sistem pengereman terdapat banyak komponen penting dengan fungsinya masing – masing untuk mendukung terjadinya sebuah pengereman. Komponen pengereman tersebut berupa kompresor, *main reservoir* (MR), *distributor valve* (DV), *auxiliary reservoir* (AR), *brake cylinder* (BC), *isolating cock*, *hose connection*, *slack adjuster*. *Brake cylinder* merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah gaya tekan udara menjadi gaya mekanik, gaya mekanik tersebut berasal dari udara tekan yang masuk sehingga mendorong piston yang terdapat pada *brake cylinder*.

Piston tersebut berfungsi untuk mendorong atau menggerakkan stang – stang pengereman pada sarana perkeretaapian.

Gerbong Terbuka yang sebelumnya di desain menggunakan dua *brake cylinder* dengan ukuran 10 inch yang terletak di atas bodi. Sekarang gerbong tersebut menggunakan *brake cylinder* dengan ukuran 12 inch yang juga terletak di atas, penggantian ukuran *brake cylinder* di Balai Yasa Surabaya Gubeng masih belum di kajian alasan dan pengaruhnya karena Gerbong Terbuka ini merupakan satu – satunya gerbong yang memiliki dua buah *brake cylinder* berbeda dengan gerbong yang lainnya.

1.2. Tujuan

Penelitian ini berusaha untuk mengetahui tujuan pengaruh perubahan *brake cylinder* dari ukuran 10 inch menjadi 12 inch pada gerbong Terbuka

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkeretaapian

Berdasarkan UU no. 23 tahun 2007 Perkeretaapian merupakan suatu kesatuan sistem yang terdiri dari sarana, prasarana, dan sumber daya manusia yang memenuhi persyaratan untuk melakukan penyelenggaraan transportasi kereta api. Perkeretaapian diselenggarakan dengan tujuan untuk memperlancar perpindahan orang dan/atau barang secara massal dengan selamat, aman, nyaman, cepat dan lancar, tepat, tertib dan teratur, efisien, serta menunjang pemerataan, pertumbuhan,

stabilitas, pendorong, dan penggerak pembangunan nasional.

2.2 Kereta Api

Berdasarkan UU No. 23 tahun 2007 Kereta Api (KA) adalah sarana perkeretaapian yang memiliki tenaga penggerak sendiri maupun dirangkai dengan sarana lain yang berjalan di atas rel. Kereta api sebagai salah satu moda transportasi memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya untuk mengangkut orang maupun barang secara masal, hemat energi, hemat penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien jika dibandingkan dengan moda transportasi jalan untuk angkutan jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintasnya

2.3 Sarana Perkeretaapian

Sarana perkeretaapian menurut UU No. 23 tahun 2007 adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel. Sarana perkeretaapian juga merupakan komponen yang bergerak dalam suatu sistem perkeretaapian yang berfungsi untuk memindahkan manusia, hewan, dan barang dari satu tempat ke tempat lain. Jenis dari sarana perkeretaapian terdiri dari:

1. Lokomotif;
2. Kereta;
3. Gerbong; dan
4. Peralatan khusus.

2.4 Gerbong

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomer KM. 43 tahun 2010 Gerbong merupakan sarana perkeretaapian yang ditarik lokomotif yang digunakan untuk mengangkut barang. Barang yang diangkut menggunakan gerbong berupa barang umum, barang khusus, barang berbahaya dan beracun, dan limbah bahan berbahaya dan beracun.

2.5 Gerbong Terbuka

Gerbong Terbuka adalah sarana perkeretaapian yang memiliki empat gandar dengan memiliki dumping untuk mengantar

ballast dan pasir dengan lebar spoor 1067 mm (Spesifikasi Teknis Gerbong Terbuka, 1983). Gerbong tersebut merupakan satu – satunya gerbong yang memiliki dua buah *brake cylinder* berbeda dengan gerbong yang lainnya.

2.6 Sistem Pengereman

Pengereman adalah suatu kegiatan yang berfungsi untuk mempertahankan kecepatan atau memberhentikan sarana (Dinamika Kendaraan Rel, 1977). Pengereman pada gerbong menggunakan udara tekan dan pengereman juga dioperasikan dengan tidak langsung. Pada pengereman juga memiliki banyak komponen penting dan memiliki fungsi masing – masing.

2.7 Brake Cylinder

Brake cylinder merupakan salah satu komponen penting pada sistem pengereman. Komponen tersebut berfungsi untuk mengubah gaya tekan udara menjadi gaya mekanik yang menggerakkan/mendorong stang – stang pengereman, sehingga terjadi sebuah pengereman pada sarana gerbong. Ukuran dari BC juga masing – masing yang dipasang sesuai dengan kebutuhan sarana (Sistem Pengereman Kereta dan Gerbong, 2005).

2.8 Waktu Kerja Brake Cylinder

Waktu kerja pada komponen *brake cylinder* adalah waktu ketika *brake cylinder* pada tekanan 0,4 sampai 3,8 kg/cm² dan ketika saat tekanan 3,8 sampai 0,4 kg/cm² (Dinamika Kendaraan Rel, 1977). Percobaan berikut dilakukan pengetesan pengereman ketika uji statis gerbong. Selain untuk waktu pengukuran juga dilakukan pengukuran panjang torak pada *cylinder brake* dan tekanan maksimal dalam *brake cylinder* dengan standar 3,8 kg/cm²

2.9 Presentase Tekanan Blok Rem

Presentase tekanan blok rem atau yang disebut *brake block ratio* adalah perbandingan antara besarnya gaya tekan

rem blok pada dengan berat beban roda pada rel, dan biasanya ditunjukkan dengan simbol (β), dan dinyatakan dalam persen atau pecahan per seratus (Dinamika Kendaraan Rel, 1977).

2.10 Presentase Pengereman

Kemampuan suatu kendaraan rel untuk melakukan pengereman, ditentukan oleh gaya rem yang terjadi pada roda, berat sarana kendaraan rel, kecepatan awal dan karakteristik katup pengatur (*control valve*) yang digunakan. Perhitungan untuk mencari hasil presentase pengereman λ diperoleh dari buku dinamika kendaraan rel bagian satu pada tahun 1977.

2.11 Jarak Pengereman

Jarak pengereman atau disebut jarak penghentian memegang peranan penting dalam segi keamanan. Sebuah rangkaian kereta api dengan kecepatan berapa saja, harus dapat dihentikan dalam suatu jarak tertentu. Faktor paling utama dalam penentuan jarak pengereman adalah presentase pengereman (Dinamika Kendaraan Rel, 1977).

2.12 Teori Kajian Perbandingan

Analisis perbandingan digunakan untuk membandingkan rata - rata antara dua atau lebih kelompok sampel data. Asumsi mendasar dalam analisis perbandingan adalah bahwa variabel data yang akan dibandingkan harus mengikuti distribusi normal. Asumsi lainnya yang harus dipenuhi dalam analisis perbandingan dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) adalah *homogenitas varians*. Ini dilakukan melalui uji *Levene's homogeneity-of variance test*.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metoda Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek kajian

dalam hal ini pengoperasian dan pemeliharaan gerbong Terbuka dengan menggunakan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada objek di lapangan sebagai sumber informasi yang dicari berlokasi di Balai Yasa Surabaya Gubeng. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain, tidak langsung diperoleh oleh penulis dari objek penulisan seperti spesifikasi teknis gerbong Terbuka yang diperoleh dari buku tentang spesifikasi teknis gerbong Terbuka dan sumber – sumber yang berkaitan dengan Gerbong Terbuka.

3.2 Analisis Data

Menghitung presentase pengereman pada penggunaan *brake cylinder* tipe ukuran 10 inch dan 12 inch pada gerbong Terbuka yang digunakan di Balai Yasa Surabaya Gubeng. Menghitung waktu kerja dan waktu release pada *brake cylinder* dengan ukuran 10 inch dan 12 inch dari tekanan 0,4 – 3,8 kg/cm². Menghitung jarak pengereman dengan asumsi jenis lokomotif dan jumlah gerbong yang ditarik sama. Setelah data terkumpul maka dilanjutkan dengan membandingkan data hasil.

4. HASIL DAN PEMECAHAN

4.1 Waktu Kerja *Brake Cylinder*

Waktu kerja pada komponen *brake cylinder* adalah waktu ketika *brake cylinder* pada tekanan 0,4 sampai 3,8 bar dan ketika saat tekanan 3,8 sampai 0,4 bar.

Perhitungan presentase pengereman, maka harus diketahui luas penampang dari *brake cylinder*, yang dihitung dengan rumus :

4.1.1 Untuk *Brake Cylinder* 10 inch

Diketahui :

$$d^2 = 10 \text{ inch} = 25,4 \text{ cm}$$

Ditanya :

$$Ae = \dots?$$

Jawab :

$$Ae = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$Ae = \frac{1}{4} \times \pi \times (25,4)^2$$

$$Ae = 506,45 \text{ cm}^2$$

Jadi, hasil dari luas penampang adalah 506,45 cm²

Kemudian menghitung gaya tekan piston (Fk) dengan menggunakan udara tekan sebesar 3,8 kg/cm², gaya tekan piston dihitung dengan rumus :

Diketahui :

$$Ae = 506,45 \text{ cm}^2$$

$$P = 3,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ff = 1400 \text{ N} = 140 \text{ kg}$$

Ditanya :

$$Fk = \dots?$$

Jawab :

$$Fk = (Ae \times P) - Ff$$

$$Fk = (506,45 \times 3,8) - 140$$

$$Fk = (1924,51) - 140$$

$$Fk = 1784,51 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya tekan piston adalah 1784,51 kg

Kemudian mencari hasil dari ratio lengan *brake rigging* (i), ratio tersebut dihitung dengan rumus :

Diketahui :

$$a = 260$$

$$b = 240$$

$$n = 4$$

Ditanya :

$$i_a = \dots?$$

Jawab :

$$i_a = \frac{a}{b} \times n$$

$$i_a = \frac{260}{240} \times 4$$

$$i_a = 4,33$$

Jadi, hasil dari ratio lengan *brake rigging* adalah 4,33

Selanjutnya mencari hasil penghitungan pada gaya blok rem pada roda di hitung dengan rumus :

Diketahui :

$$Fk = 1784,51 \text{ kg}$$

$$i_a = 4,33 \text{ kg}$$

$$\mu = 100\%$$

$$n = 4 \text{ (dalam 1 bogie)}$$

$$Fr = 2000 \text{ N} = 200 \text{ kg}$$

Ditanya :

$$P = \dots?$$

Jawab :

$$P = (Fk \times i_a \times \mu) - (n \times Fr)$$

$$P = (1784,51 \times 4,33 \times 100\%) - (4 \times 200)$$

$$P = (7726,9) - (800)$$

$$P = 6926,9$$

$$P = 6926,9 \times 2 \text{ (memiliki 2 BC)}$$

$$P = 13853,8 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem pada roda adalah 13853,8 kg

Mencari D dengan membagi hasil (P) dengan jumlah pasang blok rem, kemudian hasilnya akan di cocokan dan diambil yang terdekat dari hasil penghitungan dengan tabel yang ada:

$$D = \frac{1}{8} \times P \text{ (kg)}$$

$$D = \frac{1}{8} \times 13853,8 \text{ kg}$$

$$D = 1731,7 \text{ kg}$$

$$\gamma = 0,884$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem tiap roda adalah 1731,7 kg dan koefisien (γ) adalah 0,884

Selanjutnya menghitung besaran berat pengereman (B), besaran berat pengereman tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :
 $P = 13853,8 \text{ kg}$
 $\gamma = 0,884$

Ditanya :
 $B = \dots?$

Jawab :

$$B = \frac{10}{7} \times P \times \gamma$$

$$B = \frac{10}{7} \times 13853,8 \times 0,884$$

$$B = 17495,37 \text{ kg}$$

$$B = 17,5 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari besaran berat pengereman adalah 17,5 ton

kemudian didefinisikan besaran persentase pengereman λ , yaitu :

Diketahui :
 $B = 17,5 \text{ ton}$
 $G_k = 17,5 \text{ ton}$
 $G_p = 47,5 \text{ ton}$

Ditanya :
 $\lambda_{max} = \dots?$
 $\lambda_{min} = \dots?$

Jawab :

$$\lambda = \frac{B}{G} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = \frac{B}{G_k} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = \frac{17,5}{17,5} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = 100 \%$$

$$\lambda_{min} = \frac{B}{G_p} \times 100 \%$$

$$\lambda_{min} = \frac{17,5}{47,5} \times 100 \%$$

$$\lambda_{min} = 36,8 \%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\lambda_{max} = 100\%$ dan $\lambda_{min} = 36\%$

Nilai persentase pengereman λ harus memenuhi syarat standar tersebut, yaitu : $40\% < \lambda \leq 120\%$.

Kemudian menghitung gaya tekan piston (F_k) dengan menggunakan udara tekan sebesar $2,2 \text{ kg/cm}^2$, gaya tekan piston dihitung dengan rumus :

Diketahui :
 $A_e = 506,45 \text{ cm}^2$
 $P = 2,2 \text{ kg/cm}^2$
 $F_f = 1400 \text{ N} = 140 \text{ kg}$

Ditanya :
 $F_k = \dots?$

Jawab :

$$F_k = (A_e \times P) - F_f$$

$$F_k = (506,45 \times 2,2) - 140$$

$$F_k = (1114,19) - 140$$

$$F_k = 974,19 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya tekan piston adalah 974,19 kg

Kemudian mencari hasil dari ratio lengan *brake rigging* (i), ratio tersebut dihitung dengan rumus :

Diketahui :
 $a = 260$
 $b = 240$

$n = 4$

Ditanya :

$i_a = \dots?$

Jawab :

$$i_a = \frac{a}{b} \times n$$

$$i_a = \frac{260}{240} \times 4$$

$$i_a = 4,33$$

Jadi, hasil dari ratio lengan *brake rigging* adalah 4,33

Selanjutnya mencari hasil penghitungan pada gaya blok rem pada roda di hitung dengan rumus :

Diketahui :

Fk = 974,19 kg

$i_a = 4,33$ kg

$\mu = 100\%$

$n = 4$ (dalam 1 bogie)

Fr = 2000 N = 200 kg

Ditanya :

$P = \dots?$

Jawab :

$$P = (Fk \times i_a \times \mu) - (n \times Fr)$$

$$P = (974,19 \times 4,33 \times 100\%) - (4 \times 200)$$

$$P = (4218,24) - (800)$$

$$P = 3418,24$$

$$P = 3418,24 \times 2 \text{ (memiliki 2 BC)}$$

$$P = 6836,5 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem pada roda adalah 6836,5 kg

Mencari (D) dengan membagi hasil (P) dengan jumlah blok rem, kemudian hasilnya akan di cocokan dan diambil yang terdekat dari hasil penghitungan dengan tabel yang ada

$$D = \frac{1}{8} \times P \text{ (kg)}$$

$$D = \frac{1}{8} \times 6836,5 \text{ kg}$$

$$D = 854,56 \text{ kg}$$

$$\gamma = 1,108$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem tiap roda adalah 854,56 kg dan koefisien (γ) adalah 1,108

Selanjutnya menghitung besaran berat pengereman (B), besaran berat pengereman tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :

$P = 6836,5$ kg

$\gamma = 1,108$

Ditanya :

$B = \dots?$

Jawab :

$$B = \frac{10}{7} \times P \times \gamma$$

$$B = \frac{10}{7} \times 6836,5 \times 1,108$$

$$B = 10821,2 \text{ kg}$$

$$B = 10,8 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari besaran berat pengereman adalah 10,8 ton

kemudian didefinisikan besaran persentase pengereman λ , yaitu :

Diketahui :

B = 10,8 ton
 Gk= 17,5 ton
 Gp = 47,5 ton

Ditanya :
 $\lambda_{max} = \dots?$
 $\lambda_{min} = \dots?$
 Jawab :

$$\lambda = \frac{B}{G} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = \frac{B}{G_k} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = \frac{10,8}{17,5} \times 100 \%$$

$$\lambda_{max} = 61,7 \%$$

$$\lambda_{min} = \frac{B}{G_p} \times 100 \%$$

$$\lambda_{min} = \frac{10,8}{47,5} \times 100 \%$$

$$\lambda_{min} = 22,7 \%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\lambda_{max} = 61,7\%$ dan $\lambda_{min} = 22,7\%$

Nilai persentase pengereman λ harus memenuhi syarat standar tersebut, yaitu : $40\% < \lambda \leq 120\%$.

4.1.2 Untuk Brake Cylinder 12 Inch

Dengan menggunakan rumus yang sama, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$Ae = 730,25 \text{ cm}^2$$

hasil dari luas penampang adalah 730,25 cm^2

Kemudian menghitung gaya tekan piston (Fk) dengan menggunakan udara tekan sebesar 3,8 kg/cm^2 , gaya tekan piston

$$Fk = 2634,95 \text{ kg}$$

hasil dari gaya tekan piston adalah 2634,95 kg

Kemudian mencari hasil dari ratio lengan *brake rigging* (i)

$$i_a = 4,33$$

hasil dari ratio lengan *brake rigging* adalah 4,33

Selanjutnya mencari hasil penghitungan pada gaya blok rem pada roda di hitung dengan rumus :

$$P = 21218,667 \text{ kg}$$

hasil dari gaya blok rem pada roda adalah 21218,667 kg

Mencari D dengan membagi hasil (P) dengan jumlah blok rem, kemudian hasilnya akan di cocokan dan diambil yang terdekat dari hasil penghitungan dengan tabel yang

$$D = 2652,33 \text{ kg}$$

$$\gamma = 0,833$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem tiap roda adalah 2652,33 kg dan koefisien (γ) adalah 0,833

Selanjutnya menghitung besaran berat pengereman (B), besaran berat pengereman tersebut.

$$B = 25,25 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari besaran berat pengereman adalah 25,25 ton

kemudian didefinisikan besaran persentase pengereman λ , yaitu :

$$\lambda_{min} = 53,18 \%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\lambda_{max} = 144,29\%$ dan $\lambda_{min} = 53,18\%$

Nilai persentase pengereman λ harus memenuhi syarat standar tersebut, yaitu : $40\% < \lambda \leq 120\%$.

Kemudian menghitung gaya tekan piston (F_k) dengan menggunakan udara tekan sebesar $2,2 \text{ kg/cm}^2$, gaya tekan piston dihitung dengan rumus :

$$F_k = 1466,55 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya tekan piston adalah $1466,55 \text{ kg}$

Kemudian mencari hasil dari ratio lengan *brake rigging* (i), ratio tersebut dihitung dengan rumus :

Diketahui :

$$a = 260$$

$$b = 240$$

$$n = 4$$

$$i_a = 4,33$$

Jadi, hasil dari ratio lengan *brake rigging* adalah $4,33$

Selanjutnya mencari hasil penghitungan pada gaya blok rem pada roda.

$$P = 11100,323 \text{ kg}$$

Jadi, hasil dari gaya tekan blok rem pada roda adalah $11100,323 \text{ kg}$

Mencari (D) dengan membagi hasil (P) dengan jumlah blok rem, kemudian hasilnya akan di cocokan dan diambil yang terdekat dari hasil penghitungan dengan tabel yang ada

$$D = 1387,54 \text{ kg}$$

$$\gamma = 0,955$$

Jadi, hasil dari gaya blok rem tiap roda adalah $1387,54 \text{ kg}$ dan koefisien (γ) adalah $0,955$

Selanjutnya menghitung besaran berat pengereman (B), besaran berat pengereman tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$B = 15 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari besaran berat pengereman adalah 15 ton

kemudian didefinisikan besaran persentase pengereman λ , yaitu :

$$\lambda_{max} = 85,7 \%$$

$$\lambda_{min} = 31,58 \%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\lambda_{max} = 85,7\%$ dan $\lambda_{min} = 31,58\%$

Nilai persentase pengereman λ harus memenuhi syarat standar tersebut, yaitu : $40\% < \lambda \leq 120\%$.

4.2 Kajian Presentase Tekanan Blok Rem

4.2.1 Pada *Brake Cylinder* 10 Inch Presentase tekanan blok rem saat tekanan udara pada BC sebesar $3,8 \text{ kg/cm}^2$ dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Diketahui :

$$P = 13853,8 \text{ kg}$$

$$G_k = 17500 \text{ kg}$$

$$G_b = 47500 \text{ kg}$$

Ditanya :

$$\beta_{max} = \dots?$$

$$\beta_{min} = \dots?$$

Jawab :

$$\beta = \frac{P}{G} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = \frac{P}{G_k} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = \frac{13853,8}{17500} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = 79,17\%$$

$$\beta_{min} = \frac{P}{G_p} \times 100\%$$

$$\beta_{min} = \frac{13853,8}{47500} \times 100\%$$

$$\beta_{min} = 29,2\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\beta_{max} = 79,17\%$ dan $\beta_{min} = 29,2\%$

Presentase tekanan blok rem saat tekanan udara pada BC sebesar 2,2 kg/cm² dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Diketahui :

P = 6836,5 kg
Gk = 17500 kg
Gb = 47500 kg

Ditanya :

$\beta_{max} = \dots?$
 $\beta_{min} = \dots?$

Jawab :

$$\beta = \frac{P}{G} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = \frac{P}{Gk} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = \frac{6836,5}{17500} \times 100\%$$

$$\beta_{max} = 39\%$$

$$\beta_{min} = \frac{P}{Gp} \times 100\%$$

$$\beta_{min} = \frac{6836,5}{47500} \times 100\%$$

$$\beta_{min} = 14,39\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\beta_{max} = 39\%$ dan $\beta_{min} = 14,39\%$

Memiliki standar batasan untuk hasil dari presentase tekanan blok rem yaitu 30 % $\beta \leq 85\%$.

4.2.2 Pada Brake Cylinder 12 Inch

Dengan rumus yang sama, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Presentase tekanan blok rem saat tekanan udara pada BC sebesar 3,8 kg/cm²

$$\beta_{max} = 121,25\%$$

$$\beta_{min} = \frac{21218,667}{47500} \times 100\%$$

$$\beta_{min} = 44,67\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\beta_{max} = 121,25\%$ dan $\beta_{min} = 44,67\%$

Presentase tekanan blok rem saat tekanan udara pada BC sebesar 2,2 kg/cm².

$$\beta_{max} = 63,43\%$$

$$\beta_{min} = 23,37\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman adalah $\beta_{max} = 63,43\%$ dan $\beta_{min} = 23,37\%$

Memiliki standar batasan untuk hasil dari presentase tekanan blok rem yaitu 30 % $\beta \leq 85\%$.

4.3 Jarak Pengereman

Penghitungan jarak pengereman yang dilakukan tidak dilakukan secara langsung dengan praktik di lapangan. Penghitungan tersebut dilakukan dengan cara berupa simulasi yang menggunakan beberapa faktor yang sama, faktor tersebut berupa :

- Lokomotif dengan tipe CC 201
- Menarik 10 Gerbong Terbuka
- Kecepatan sarana 80 km/jam
- Melintasi jalan datar
- Menggunakan presentase pengereman (λ) saat posisi gerbong kosong dan dilakukan pengereman dengan tekanan udara pada *brake cylinder* 2,2 kg/cm².

4.3.1 Pada Brake Cylinder 10 Inch

Jarak pengereman dapat diketahui dengan cara mengetahui beberapa faktor yang dibutuhkan dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui:

Berat lokomotif CC 201 = 84 ton

Berat 1 Gerbong Terbuka = 17,5 ton

Berat KA (GT)
 = Berat lokomotif + Berat gerbong
 = 84 ton + (10 x 17,5) ton
 = 259 ton

Persentase pengereman (λ) = 61,7 %
 Berat pengereman untuk 1 gerbong yang direm :

Diketahui :
 $\lambda = 61,7\%$
 $G = 17,5$ ton
 Ditanya :
 $B = \dots?$
 Jawab :

$$B = \lambda \times G$$

$$B = 61,7\% \times 17,5$$

$$B = 10,8 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari berat pengereman untuk satu kereta yang ditarik adalah 10,8 ton

Kemudian untuk mendapatkan hasil dari presentase pengereman total (λT), maka rumus untuk menghitungnya adalah :

Diketahui :
 $B = 10,8$ ton
 $GT = 259$ ton
 Ditanya :
 $\lambda T = \dots?$
 Jawab :

$$\lambda T = \frac{B \times (\text{jumlah rangkaian})}{GT} \times 100\%$$

$$\lambda T = \frac{10,7 \times 10}{259} \times 100\%$$

$$\lambda T = \frac{107}{259} \times 100\%$$

$$\lambda T = 41,7\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman total seluruh rangkaian adalah 41,7%

Kemudian mencari hasil dari persentase pengereman ekuivalen (λ_r), maka dihitung dengan menggunakan rumus :

Diketahui :
 $\lambda T = 41,7\%$
 $C1 = 1,06$
 Ditanya :

$\lambda_r = \dots?$

Jawab :

$$\lambda_r = C1 \times \lambda T$$

$$\lambda_r = 1,06 \times 41,7\%$$

$$\lambda_r = 44,2\%$$

Jadi, hasil dari persentase pengereman ekuivalen adalah 44,2%

Setelah semua hasil hitungan dan data dari tabel sudah didapat, maka untuk jarak pengereman dihitung menggunakan rumus :

Diketahui :
 $V = 80$ Km/jam.
 $\psi = 1,0$
 $\lambda_r = 44,2\%$
 $ir = 0$ (jalan datar)

Ditanya :
 $L = \dots?$
 Jawab :

$$L = \frac{3,85 \times v^2}{5,1 \times \Psi \times \sqrt{(\lambda_r - 5 \pm ir)}}$$

$$L = \frac{3,85 \times (80)^2}{5,1 \times 1,0 \times \sqrt{(44,2 - 5 \pm 0)}}$$

$$L = \frac{3,85 \times 6400}{5,1 \times \sqrt{(39,2)}}$$

$$L = \frac{24640}{5,1 \times 6,3}$$

$$L = \frac{24640}{32,13}$$

$$L = 766,9m$$

Jadi, hasil dari jarak pengereman adalah sejauh 766,9 meter

4.3.2 Pada Brake Cylinder 12 Inch

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil sebagai berikut:

Jarak pengereman dapat diketahui dengan cara mengetahui beberapa faktor yang dibutuhkan dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui:
 Persentase pengereman (λ) = 85,7 %
 Berat pengereman untuk 1 gerbong yang direm :

Diketahui :

$$\lambda = 85,7\%$$

$$G = 17,5 \text{ ton}$$

Jadi, hasil dari berat pengereman untuk satu gerbong adalah 15 ton

Kemudian untuk mendapatkan hasil dari presentase pengereman total (λT).

$$\lambda T = 57,9\%$$

Jadi, hasil dari presentase total satu rangkaian adalah 57,9%

Kemudian mencari hasil dari persentase pengereman ekivalen (λr).

$$\lambda r = 61,4\%$$

Jadi, hasil dari presentase pengereman ekivalen adalah 61,4%

Setelah semua hasil hitungan dan data dari tabel sudah didapat.

$$L = 644,2 \text{ m}$$

Jadi, hasil dari jarak pengereman adalah sejauh 644,2 meter.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

- Waktu kerja dan waktu release mendapat hasil yang bervariasi yaitu waktu kerja lebih cepat pada BC 12 inch dan waktu release lebih cepat pada BC 10 inch.
- Hasil presentase pengereman yang sudah didapatkan dari penghitungan dengan standar presentase pengereman adalah 40 % $<\lambda \leq 120$ %. Dari standar yang ditentukan sesuai UIC, pada penggunaan *brake cylinder* 10 inch tidak memenuhi syarat pada hasil perhitungan presentase pengereman saat muatan penuh, dan untuk *brake cylinder* dengan ukuran 12 inch dapat memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan.
- Hasil presentase tekanan blok rem yang sudah didapatkan dari penghitungan dengan standar presentase pengereman

adalah 30 % $<\beta \leq 85$ %. Dari standar yang ditentukan sesuai UIC, pada penggunaan *brake cylinder* 10 inch tidak memenuhi syarat pada hasil perhitungan presentase tekanan blok rem muatan penuh, sedangkan untuk *brake cylinder* dengan ukuran 12 inch memenuhi.

- Jarak pengereman yang diperoleh dari hasil simulasi hitungan dengan faktor yang sudah ditentukan memperoleh hasil dengan jarak pengereman untuk BC 12 inch lebih dekat daripada yang menggunakan BC 10 inch.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan hasil penelitian ini perlu dilakukan pengujian terhadap komponen *brake cylinder* secara dinamis..

6. DAFTAR PUSTAKA

- , 2015. Railway Product. PT. INKA. Madiun
- Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Sekretariat Negara. Jakarta
- Menteri Perhubungan. 2010. Keputusan Menteri Perhubungan No. KM 43 Tahun 2010 tentang Standar Spesifikasi Teknis Gerbong. Sekretariat Negara. Jakarta
- Subyanto. 1977. Dinamika Kendaraan Rel Jilid 1. Bandung : CV. Kumala
- Technical Specification 4 – Axled Hopper Car Zzow Tipe With Selective Dumping, For Ballast And Sand Transport Trak Gauge 1067 mm : Center of Scientific Research and Technological Engineering for Cars Arad – Romania, 1983.
- <http://www.statistikolahdata.com> Analisis Perbandingan. Jum'at, 7 Juli 2017.