

# Analisis Kuat Jepit (*Clamping Force*) Sistem Penambat Rel Kereta Api Tipe E-Clip

Rusman Prihatanto<sup>1</sup>, Adya Aghastya<sup>2</sup>, Wahyu Tamtomo Adi<sup>3</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian,  
Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun  
Corresponding Author : rusman@ppi.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat jepit (*clamping force*) penambat rel kereta api. Pengukuran kuat jepit penambat dilakukan pada penambat elastis tipe E-Clip. Pengukuran kuat jepit penambat menggunakan alat *clamping force* meter yaitu PPI CF01. Hasil pengukuran kuat jepit penambat akan di bandingkan dengan persyaratan teknis yang tercantum dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 tahun 2012 dan SNI 11-3677-1995. Prosedur pengujian kuat jepit penambat mengacu pada ISO-22074-7-2021. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data kuat jepit penambat menunjukkan rata – rata kuat jepit penambat yang terpasang sebesar 979,7 – 1125,3 kgf. Nilai tersebut memenuhi persyaratan teknis yang ditentukan serta kebutuhan kuat jepit penambat sesuai rel yang digunakan yaitu rel R54. Uji kenormalan data menunjukkan bahwa data yang diambil terdistribusi normal, hal ini diketahui setelah dilakukan perhitungan dengan metode Shapiro-Wilk, didapatkan *pValue* sebesar 0,43112 lebih besar dari  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05. Sehingga data hasil pengujian berdistribusi normal ( $pValue > \alpha$ ).

Kata Kunci: *Kuat Jepit Penambat*, Metode Shapiro-Wilk, Penambat Rel

## ABSTRACT

*This research aims to determine the clamping force of rail fastening systems. Measuring the clamping force is carried out on the E-Clip type elastic fastening. Measurement of clamping force using a clamping force meter, namely PPI CF01. The results of measuring the clamping force will be compared with the technical requirements stated in Minister of Transportation Regulation Number 60 of 2012 and SNI 11-3677-1995. The clamping force testing procedure refers to ISO-22074-7-2021. Based on the results of measurements and data analysis of the clamping force, it shows that the average strength of the fastening systems installed is 979.7 – 1125.3 kgf. This value meets the specified technical requirements as well as the need for the strength of the clamping force according to the rail used, namely rail R54. The data normality test shows that the data taken is normally distributed, this is known after carrying out calculations using the Shapiro-Wilk method, it is obtained that the *pValue* is 0.43112, which is greater than  $\alpha$ , which is 0.05. So that the test result data is normally distributed ( $pValue > \alpha$ ).*

*Keywords: Clamping Force, Rail Fastening Systems, Shapiro-Wilk method*

## 1. PENDAHULUAN

Sesuai dengan amanah Undang – Undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian dan Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian, penyelenggara perkeretaapian wajib melakukan pemeriksaan prasarana perkeretaapian untuk menjamin kelaikan prasarana perkeretaapian. Pemeriksaan dilakukan yaitu memeriksa fungsi dan kondisi dari prasarana perkeretaapian. Dalam peraturan tersebut disebutkan juga bahwa pemeriksaan dilakukan secara berkala dan secara tidak terjadwal.

Pemeriksaan prasarana perkeretaapian dilakukan pada jalur kereta api, stasiun kereta api dan fasilitas operasi kereta api. Salah satu komponen jalur kereta api yang dilakukan pemeriksaan baik itu pemeriksaan harian maupun pemeriksaan terjadwal yaitu pemeriksaan sistem penambat. Pemeriksaan yang dilakukan pada sistem penambat yaitu memeriksa kelengkapan komponen dan pemeriksaan kuat jepit penambat.

Sesuai dengan persyaratan teknis yang tercantum dalam PM 60 Tahun 2012, penambat harus mampu menjaga kedudukan kedua rel agar tetap dan kokoh berada di atas bantalan dan Clip penambat harus mempunyai gaya jepit 900 – 1100 kgf. Namun seiring dengan pemakaian, kuat jepit dari penambat akan berkurang.

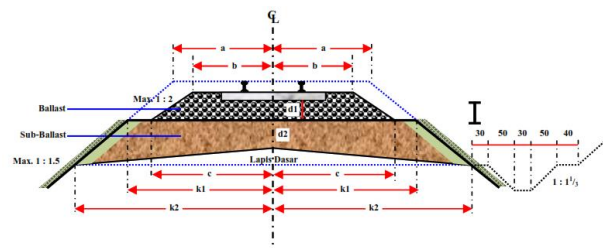
Menurut (Priyambodo, 2021), dalam pengecekan rel terdapat beberapa masalah yang ditemui salah satunya yaitu kondisi penambat rel yang longgar dalam pemasangannya bahkan hilang. Pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 31 Tahun 2011, disebutkan pemeriksaan kuat jepit penambat dilakukan secara visual dan menggunakan alat clamping force meter.

Menurut (Q.T. Li et al, 2016) nilai kuat jepit penambat yang diprediksi kira-kira sama dengan nilai yang diberikan dari pabrikan. Gaya penjepit pengikat rel pada jalur eksisting yang disajikan melalui analisis numerik dan eksperimental memberikan ide eksperimen baru yang sederhana dan nyaman dan meningkatkan keamanan perkeretaapian. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian untuk memeriksa kuat jepit penambat dengan alat sederhana namun memberikan dampak pada keselamatan perkeretaapian.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Komponen Jalur Kereta Api

Prasarana perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. Konstruksi jalan rel terdiri dari konstruksi bagian atas (*superstructure*) dan konstruksi bagian bawah (*substructure*). Yang termasuk konstruksi bagian atas adalah rel, penambat, bantalan, balas. Sedangkan yang termasuk bagian bawah adalah lapis dasar/subgrade dan tanah dasar. Tipikal penampang melintang jalan rel sebagaimana Gambar 1.



Sumber : PM 60/2012

Gambar 1. Penampang Melintang Jalan Rel

### 2.2 Penambat E-Clip

E-clip merupakan salah satu jenis penambat elastis (Warsiti, 2019). Disebut sebagai E-clip dikarenakan bentuk yang menyerupai huruf e kecil dan berbentuk seperti klip kertas. Merupakan jenis penambat yang pertama dikembangkan oleh Pandrol, perusahaan yang bergerak di bidang perkeretaapian asal Inggris.

Karakteristik penambat *E-clip* adalah sebagai berikut :

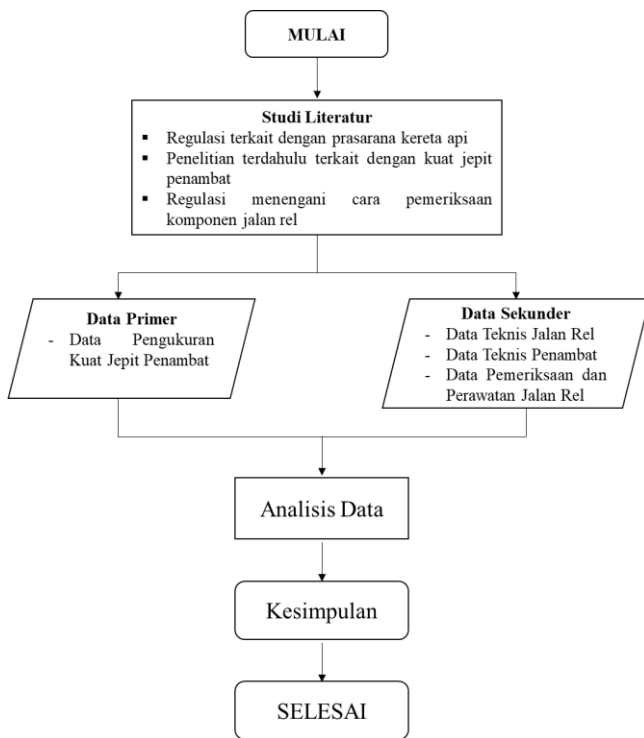
- Mudah dalam pemasangan penambat ke bantalan
- Jumlah komponen sedikit/serhana
- Kuat dan tidak mudah lepas
- Clamping force* (kuat jepit) tinggi, hingga mencapai 1400 kgf
- Tidak berisik ketika rangkaian kereta api melintas diatas bantalan
- Bila digunakan alas karet (*rubber pad*) di bawah kaki rel akan menjadi penambat elastis ganda.



Sumber : Pandrol.com  
 Gambar 2. Penambat Elastis E-Clip

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Data primer yang dibutuhkan yaitu data hasil pengukuran kuat jepit penambat dengan *clamping force* meter. Penambat yang diukur kuat jepitnya adalah penambat elastis pandrol (E-Clip pandrol). Lokasi pengambilan sampel adalah di track PPI Madiun yang menggunakan penambat elastis e-clip pandrol. Dalam pelaksanaan pengujian kuat jepit penambat, mengikuti

prosedur pengujian yang tercantum dalam ISO-22074-7-2021.

Tata cara pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gaya tarik kepada penambat dengan memutar tuas alat. Sehingga penambat mengalami angkatan yang disebabkan oleh gaya tarik yang diberikan alat.
2. Setelah penambat terangkat, memasukkan plat dengan tebal 0.3 mm kedalam celah penambat yang terangkat.
3. Melepaskan gaya tarik, sehingga plat terjepit oleh penambat.
4. Memberikan gaya tarik untuk kedua kalinya ke penambat sampai plat dapat ditarik dengan mudah.
5. Mencatat angka dimana plat dapat ditarik dengan mudah, angka tersebut merupakan angka kuat jepit penambat.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Spesifikasi Clamping Force Meter PPI CF01

Untuk mengukur kuat jepi penambat, menggunakan alat Clamping Force Meter PPI CF01. Komponen alat ukur kuat jepit penambat *Clamping Force Meter PPI CF01* adalah sebagai berikut :

1. Rangka utama
2. Load cell dan indikator bacaan
3. Penjepit



Gambar 4. Clamping Force Meter PPI CF01

Spesifikasi teknis dari PPI CF 01 seperti pada **Tabel 1** dibawah ini.

**Tabel 1.** Spesifikasi Alat PPI CF01

Spesifikasi	
Alat	Alat Ukur <i>Clamping Force</i> Penambat Rel Kereta Api
Fungsi	1. Untuk mengukur kuat jepit sebuah penambat rel kereta api 2. Mempermudah petugas perawat dan penguji jalan rel dalam pengecekan penambat rel
Daya	Mampu mengangkat penambat dengan range 0,1 mm – 1 mm dengan <i>clamping force</i> 0 – 3000 kgf
Dimensi	Tinggi maksimal alat : 850 mm Lebar alat : 270 mm Tebal plat untuk penampang : 12 mm Tebal plat untuk penahan <i>long drat</i> : 5 mm
Kapasitas Berat Alat	2,5 Ton / 17.83 kg



Gambar 6. Proses Pengukuran Kuat Jepit Penambat

Dari hasil pengambilan data hasil pengujian penambat E-Clip pada Workshop PPI Madiun didapatkan hasil, sebagaimana **Tabel 2** berikut ini.

**Tabel 2.** Data Pengukuran Kuat Jepit Penambat

No Sampel	Kuat Jepit Penambat (kgf)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1	1018	1038	981	1012,3
2	863	907	942	904,0
3	1022	1032	1013	1022,3
4	1040	1044	1020	1034,7
5	971	989	979	979,7
6	982	1138	1155	1091,7
7	1087	1039	1049	1058,3
8	1062	1066	1084	1070,7
9	1168	1086	1122	1125,3
10	1115	1060	1067	1080,7
<b>Rata – Rata Kuat Jepit Penambat</b>				<b>1038,0 kgf</b>

b. Data Teknis Prasarana Perkeretaapian

Spesifikasi teknis prasarana perkeretaapian di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun adalah sebagai berikut :

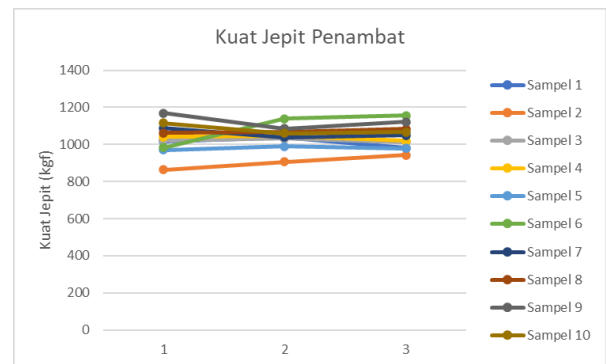
- Lebar jalur KA : 1067 mm
- Tipe rel : R.54
- Jenis Penambat : Pandrol E-clip
- Bantalan : Beton
- Beban gandar : 18 ton



Gambar 5. Penambat Rel PPI Madiun

c. Hasil Pengukuran Kuat Jepit Penambat

Hasil pengukuran kuat jepit penambat seperti dalam Tabel 1 dan gambat 6.



Gambar 5. Grafik Kuat Jepit Penambat

Menurut PM Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan teknis jalur kereta api, maka semua penambat yang diukur kuat jepitnya memenuhi persyaratan, yaitu sebesar 900 – 1100 kgf.

d. Kebutuhan Kuat Jepit Penambat

Menurut SNI 11-3677-1995 tentang Penjepit Elastik Rel Kereta Api, gaya jepit yang dihasilkan oleh penambat elastik yaitu 750 kgf sampai dengan 1300 kgf setelah diuji gaya jepitnya. Sebelum mengujinya maka kita perlu mengetahui berapa kebutuhan gaya jepit dari suatu penambat untuk menjepit rel agar tidak bergeser dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$H = M \times a \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

Dimana : a = 0.0478 g m/det<sup>2</sup>  
 (syarat kenyamanan, PD 10)  
 g = 9.81 kg m/det<sup>2</sup>  
 M = 18.000 kg (beban gandar)

Dari rumus diatas maka :

$$\begin{aligned} H &= M \times a \\ H &= 18000 \times 0.0478 \times 9.81 \\ &= 8440 \text{ kg m/det}^2 \\ &= 860.4 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Untuk rel R 54

h = 159 mm (tinggi rel)

b = 140 mm (lebar kaki rel)

$$H (h - 10) = F (110 - x) + (x)$$

$$F = \frac{H (h - 10)}{b}$$

$$F = \frac{860.4 (159 - 10)}{140}$$

$$F = 915.71 \text{ kgf (gaya jepit yang diperlukan)}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, semua sampel penambat yang dipasang kekuatannya mencukupi kebutuhan kuat jepit yang diperlukan.

e. Uji Kenormalan Data

Uji normalitas data adalah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data tersebut normal atau tidak. Dapat dilihat dari data hasil pengujian di atas bahwa rata – rata hasil pengujian adalah 1.038,0 kgf. Pengujian normalitas data menggunakan metode Shapiro Wilk.

Berikut merupakan perhitungan uji normalitas rata – rata hasil pengukuran penambat kuat jepit penambat:

**Tabel 3.** Rata - Rata Hasil Pengukuran Kuat Jepit Penambat

NO	KUAT JEPIT(X)
1	904,0 kgf
2	979,7 kgf
3	1012,3 kgf
4	1022,3 kgf
5	1034,7 kgf
6	1058,3 kgf
7	1070,7 kgf
8	1080,7 kgf
9	1091,7 kgf
10	1125,3 kgf

Menghitung SS dengan persamaan (2)

$$SS = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

$$SS = (904, -1038)^2 + (979,7 - 1038)^2 + \dots + (1125,3 - 838,2)^2$$

$$SS = 36082,3$$

Hasil perhitungan SS akan digunakan untuk menghitung nilai W.

Menghitung b dengan persamaan (3)

$$b = \sum_{i=1}^n ai(x_{(n+1-i)} - x_i) ..\text{Persamaan (3)}$$

$$b = (0,5739(1125 - 904)) + \dots + (0,0399(1058 - 1035))$$

$$b = 185,373$$

Hasil perhitungan b akan digunakan untuk menghitung nilai W.

Menghitung W dengan persamaan (4)

$$W = \frac{b^2}{SS} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4)}$$

$$W = \frac{(185,373)^2}{36082,3}$$

$$W = 0,95235$$

Hasil perhitungan ini merupakan W dari nilai pValue yang akan dicari dengan dengan persamaan (4) dibawah.

$$pValue = H1 - \frac{B1}{B2} \times (H1 - H2).. \text{Persamaan (5)}$$

**Tabel 4.** Tabel nilai p Saphiro Wilk

n \ p	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986

$$pValue = H1 - \frac{B1}{B2} \times (H1 - H2)$$

$$pValue = 0,5 - \frac{(0,95235 - 0,938)}{(0,972 - 0,95235)} \times (0,5 - 0,9)$$

$$pValue = 0,43112 \text{ (pValue} > \alpha \text{)}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat hasil pValue sebesar 0,43112. Hasil perhitungan pValue lebih besar dari 0,05. Sehingga data hasil pengujian berdistribusi normal ( $pValue > \alpha$ )

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil pengukuran kuat jepit penambat menggunakan alat PPI CF01, kuat jepit penambat memenuhi persyaratan yaitu rata – rata sebesar 1.038,0 kgf. Berdasarkan perhitungan kebutuhan kuat jepit penambat untuk rel R54 adalah sebesar 915,71 kgf, dan nilai kuat jepit penambat yang diukur nilai lebih besar dari 915,71 kgf, sehingga semua penambat kuat jepitnya lebih besar dari kebutuhan.
- Uji kenormalan data menunjukkan bahwa data yang diambil terdistribusi normal, hal ini diketahui setelah dilakukan perhitungan dengan metode Shapiro Wilk, didapatkan pValue sebesar 0,43112 lebih besar dari  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05.

## REFERENSI

[1] Atmaja, D. S., & Prasetya, H. W. (2021). Pembuatan Alat Bantu Pemasang dan Pelepas Penambat E-CLIP Berbasis Hidrolik. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 5(2), 22-31.

[2] Azis, M. F., & Aprisandi, D. (2021). Perancangan Struktur Jalan Rel Antara STASIUN CIGADING -

STASIUN ANYER KIDUL. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 3(02).

[4] Hadi, T., Sugiharto, S., Supriyo, S., Sutarno, S., & Sudarmono, S. (2018). Rancang Bangun Komponen Pendorong Alat Pasang Pendrol Untuk Uji Penambat Rel. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 4(2, Oktober), 36-44.

[5] Ibie, E. (2018). Tinjauan Geometrik Jalan Rel Kereta Api Trase Puruk Cahu–Bangkuang–Batanjung (Sta 212+ 000–Sta 213+ 000). *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 1(2), 136-145.

[6] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta: Kementerian Perhubungan

[7] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Perasyaratan Teknis Jalur Kereta*. Jakarta: Kementerian Perhubungan

[8] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2017 Tentang Sertifikasi Tenaga Perawatan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.

[9] Prihatanto, R. (2022). Sosialisasi Pemeriksaan Kuat Jepit Penambat Rel Kereta Api Dengan Alat PPI CF01 di Balai Perawatan Perkeretaapian Ngrombo. *PATIKALA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 647-653.

[10] Priyambodo, D. R., Rachman, I., & Adhitya, R. Y. (2021). Alat Bantu Inspeksi Penambat Rel Kereta Berdasarkan Klasifikasi Video Processing Berbasis YOLO CNN. In *Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application* (Vol. 1, No. 1, pp. 128-133).

[11] Q. T. LI, Y. L. (2017). Estimating Clamping Force Of Rail Fastening System by Experimental and Numerical Methods. Tiongkok: Elsevier B. V

[12] Rustamovich, K. G. A. (2021). Clamping Force of Intermediate Fasteners and Their Determination. *JournalNX*, 7(05), 233-236.

- [13] Sutarno, S., Suwarno, A., Joko, K., Sudarmono, S., & Sukoyo, S. (2021, January). Rancang Bangun Meja Dudukan Pendrol Untuk Uji Penambat Rel Pada Praktikum Bahan Bangunan Program Studi Perancangan Jalan dan Jembatan. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* (Vol. 1, No. 1).
- [14] Universitas Tidar Magelang. (2018). *Makalah penambat rel kereta api*.
- [15] Warsiti, W., Kusdiyono, K., Risman, R., Herarki, H. T., & Alif, M. I. (2019). Analisis Kekuatan Jepit Penambat E-Clip Terhadap Perilaku Panas Pada Saat Pemasangan Pada Rel. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 5(2, Oktober), 42-50.