

BAB III

WESEL (*SWITCH*)

3.1 FUNGSI WESEL

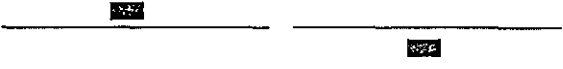
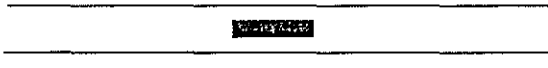
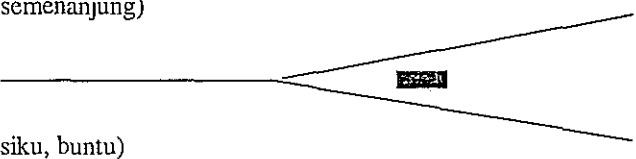
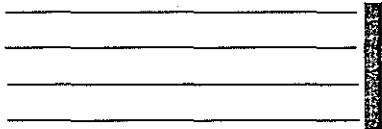
Pada konstruksi jalan rel, tidak seperti pada konstruksi jalan raya, pertemuan antara beberapa jalur (sepur), harus dilaksanakan dengan konstruksi khusus. Pertemuan antara beberapa sepur, dapat berupa sepur yang bercabang atau dapat pula berupa persilangan antara dua sepur. Konstruksi khusus yang diperlukan adalah wesel (*switch*). Jadi fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta api dari satu sepur ke sepur lainnya.

Dalam desain pemakaian/pemilihan wesel pada satu emplasemen sangat tergantung kepada kecepatan, lay out, panjang peron, tujuan peron dan lain-lain sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

3.2 LAY OUT STASIUN

- a. Stasiun didefinisikan sebagai :
 - Tempat persinggahan kereta
 - Tempat diadakannya segala aktifitas yang berhubungan dengan jasa angkutan sebelum dan sesudah perjalanan
- b. Klasifikasi stasiun, dibagi menjadi :
 - 1) Menurut ukuran (dimensi)
 - Halte
 - Stasiun kecil,
 - Stasiun sedang
 - Stasiun besar
 - 2) Menurut kegiatan (fungsi)
 - Stasiun barang
 - Stasiun penumpang
 - Stasiun barang dan penumpang
 - Stasiun langsung

3) Menurut bentuk (geometri)

- Stasiun terusan 
- Stasiun pulau 
- Stasiun jazirah (semenanjung) 
- Stasiun kepala (siku, buntu) 

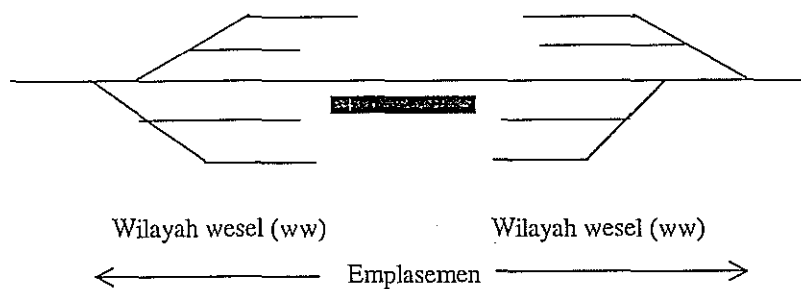
4) Menurut operasional

- Stasiun akhir.
- Stasiun antara,
- Stasiun penghubung,
- Stasiun penyilangan

3.3 EMPLASEMEN

3.3.1 Wilayah Wesel

Stasiun dilengkapi dengan berbagai prasarana diantaranya yang paling penting adalah emplasemen, yang didefinisikan sebagai tempat yang diperuntukkan bangunan utilitas, yaitu sekelompok sepur dengan wesel dan perlengkapannya.

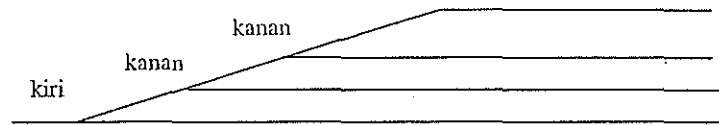


Gambar 3.1 Emplasemen

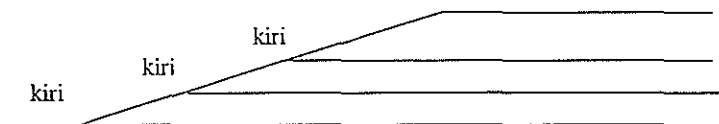
Wilayah wesel adalah tempat dimana kumpulan wesel berada untuk memencarkan satu sepur menjadi beberapa sepur atau menyatukan beberapa sepur menjadi satu sepur.

a. Pola dasar wilayah wesel adalah (tergantung tempat)

- 1) ww lurus, satu wesel kiri dan lainnya kanan



- 2) ww lengkung, semua wesel kiri atau semua wesel kanan



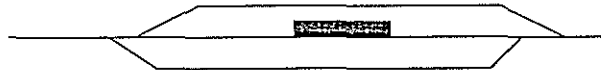
- 3) ww kombinasi, wesel kiri dan kanan hampir sama jumlahnya
- 4) Contoh wilayah wesel, untuk emplasemen trapesium ganda adalah seperti pada Gambar-3.2

b. Skema bentuk global emplasemen

- (1) Trapesium tunggal



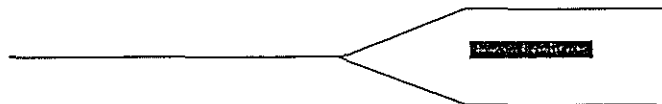
- (2) Trapesium ganda

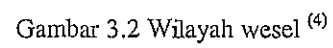


- (3) Jajaran genjang



- (4) Kipas atau sapu





3.4 JENIS WESEL

Jenis-jenis wesel adalah sebagai berikut :

a. Wesel Biasa ;

- Wesel biasa kiri
- Wesel biasa kanan

Contoh pemakaian 2 wesel kiri, dapat dilihat pada Gambar- 3.3.



Gambar 3.3 2(dua) wesel kiri ⁽¹⁾

b. Wesel dalam lengkung;

- Wesel searah lengkung
- Wesel berlawanan arah lengkung
- Wesel simetri

c. Wesel tiga jalan

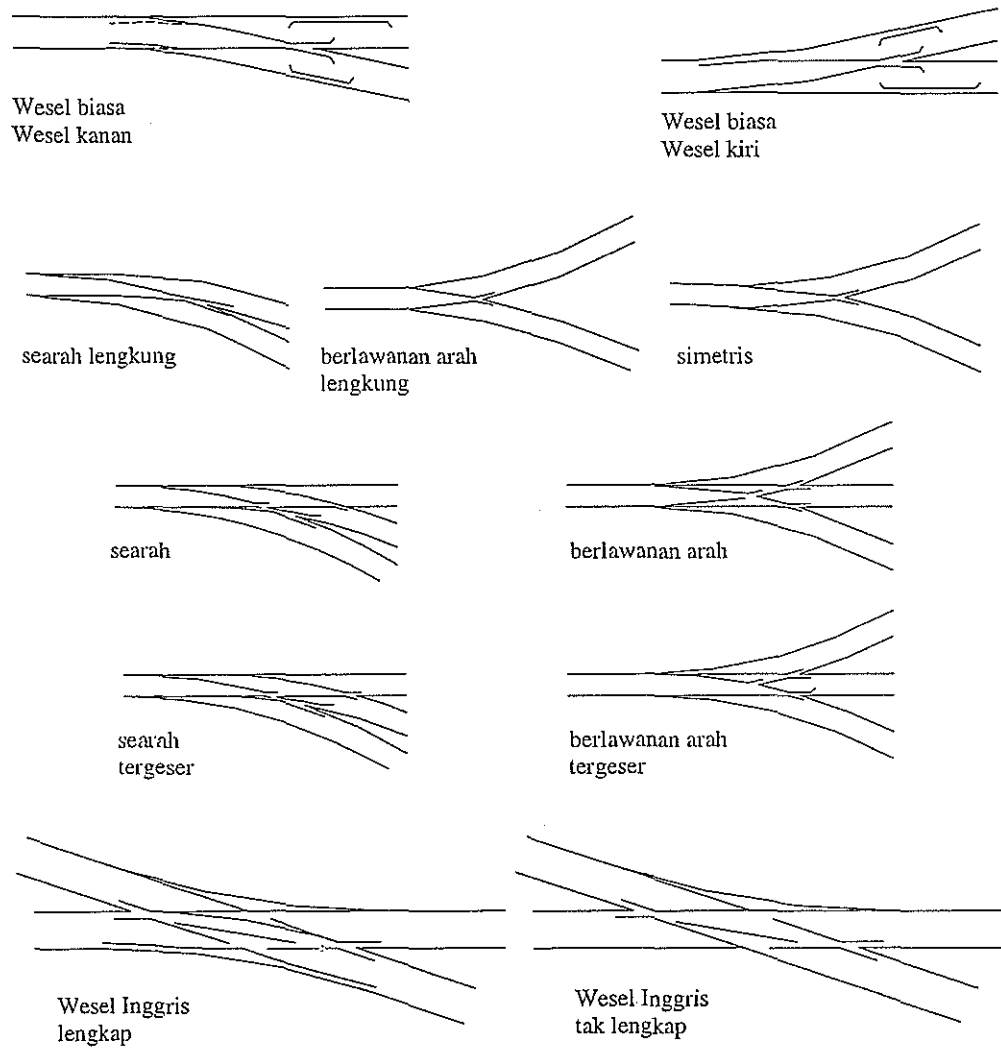
- Wesel biasa; searah dan berlawanan arah
- Wesel tergeser; searah dan berlawanan arah

d. Wesel Inggris

Wesel Inggris adalah wesel yang dilengkapi dengan gerakan-gerakan lidah serta sepur-sepur belok

- Wesel Inggris lengkap
- Wesel Inggris tak lengkap

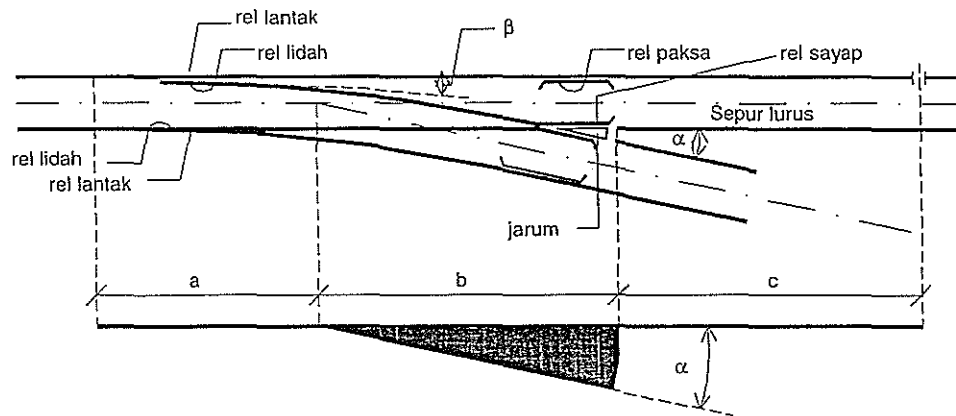
Sebagai ilustrasi dari jenis-jenis wesel dapat dilihat pada Gambar-3.4..



Gambar 3.4 Jenis-jenis wesel ⁽⁶⁾

3.5 KOMPONEN WESEL

Komponen-komponen utama dari weasel dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.5 Weasel dan Bagannya ⁽⁶⁾

Weasel terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut :

- a. Lidah, adalah bagian bagian dari weasel yang dapat bergerak, pangkal lidah disebut akar.

Jenis lidah ada 2 (dua) yaitu :

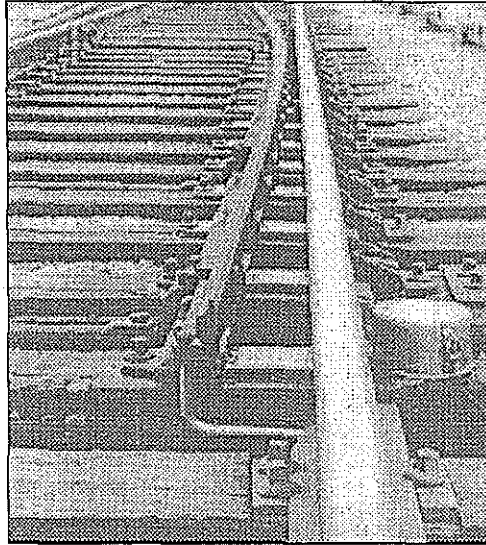
- 1) Lidah putar, adalah lidah yang mempunyai engsel di akarnya.
- 2) Lidah berpegas, adalah lidah yang akarnya dijepit, sehingga dapat melentur.

Sebagai contoh lidah berpegas, berikut alat penggerakannya, dapat dilihat pada Gambar-3.6.

- b. Sudut Tumpu (β)

Sudut tumpu adalah sudut antara lidah dengan rel lantak.

Sudut tumpu dinyatakan dengan tangennya, yakni $\text{tg } \beta = 1 : m$, dimana harga m berkisar antara 25 sampai 100.



Gambar 3.6 Komponen Lidah dan Alat penggeraknya ⁽¹⁾

c. Jarum dan Sayap-sayapnya

- 1) Jarum adalah bagian wesel yang memberi kemungkinan kepada flens roda, melalui perpotongan bidang-bidang jalan yang terputus antara dua rel.
- 2) Sudut kelincipan jarum (α) disebut sudut samping arah.
- 3) Jenis Jarum;
 - Jarum kaku dibaut (*bolted rigid frogs*); terbuat dari potongan-potongan rel standar yang dibaut
 - Jarum rel pegas (*spring rail frogs*)
 - Jarum baja mangan cor (*Cast manganese Steel Frogs*), dipakai untuk lintas dengan tonase beban yang berat atau lintas yang frekwensi keretanya tinggi
 - Jarum Keras Terpusat (*Hard centered frogs*)

d. Rel Lantak

Suatu rel yang diperkuat badannya yang berguna untuk bersandarnya lidah-lidah wesel

e. Rel Paksa

Dibuat dari rel biasa yang kedua ujungnya dibengkok kedalam. Rel paksa luar, biasanya dibaut pada rel lantak, dengan menempatkan blok pemisah diantaranya.

Untuk wesel dengan kecepatan tinggi, rel paksa ditambah pada bantalan dengan menggunakan alat penambat.

Jarak antara rel paksa dengan rel lantak adalah 42 cm.

f. Sistem Penggerak atau Pembalik Wesel

Pembalik wesel adalah mekanisme untuk menggerakkan ujung lidah, baik dengan sistem mekanik maupun elektrik.

3.6 NOMOR DAN KECEPATAN IJIN WESEL

3.6.1 Nomor Wesel dan Jari-jari Wesel

1) Nomor Wesel

Nomor wesel, n , menyatakan tangen sudut simpang yakni $\operatorname{tg} \alpha = 1 : n$

2) Jari-jari Wesel

a) Secara umum persamaan jari-jari wesel adalah :

$$R_u = \frac{S - t \sin \beta - p \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha}$$

Dimana :

R_u	=	Jari-jari wesel	α	=	Sudut simpang
S	=	Lebar sepur	β	=	Besar sudut tumpu
p	=	Panjang jarum	t	=	panjang lidah

b) Panjang jarum (p)

Panjang jarum ditentukan oleh sudut simpang arah (α), lebar kepala rel (B), lebar kaki rel (C) dan jarak siar (d) berdasarkan hubungan :

$$p = \frac{(B + C)}{2 \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} - d$$

c) Panjang Lidah (t)

Pada lidah putar, panjang lidah ditentukan oleh besar sudut tumpu (β), lebar kepala rel (B), dan jarak dari akar lidah ke rel lantak (Y)

Pada lidah putar, panjang lidah ditentukan dengan persamaan:

$$t > \frac{B + Y}{\sin \beta}$$

$$t > \cotg \beta$$

3.6.2 Kecepatan Memasuki Wesel

Kondisi wesel adalah ditempat datar (tidak ada peninggian), sehingga gaya sentrifugal yang masuk langsung ditahan oleh struktur jalan rel, dengan pembatas percepatan adalah $0,6 \text{ m/det}^2$.

Dengan demikian persamaannya adalah :

$$0,6 < a = \frac{V^2}{R} \quad \text{Dimana :}$$

$V =$ kecepatan memasuki wesel dalam km/jam

$$R < \frac{V^2}{7,8} \quad R = \text{jari-jari wesel, dihitung seperti 5.6.1 2) a) dalam meter (m)}$$

$a =$ percepatan (m/det^2)

Dengan persamaan di atas, maka kecepatan ijin masuk wesel dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Nomor wesel dan kecepatan ijinnya

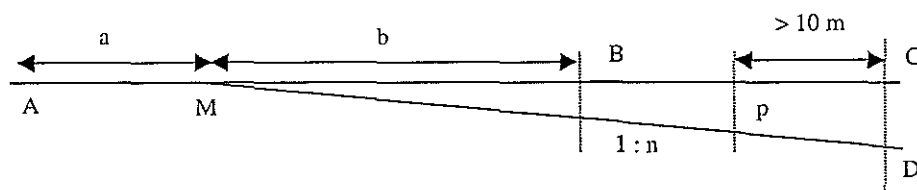
Tangen (tg)	1:8	1:10	1:12	1:14	1:16	1:20
No.wesel	W8	W10	W12	W14	W16	W20
Kecepatan ijin (kpj)	25	35	45	50	60	70

3.7 BAGAN WESEL

Dalam Gambar-33.gambar rencana untuk pelaksanaan pembangunan, wesel-wesel biasanya digambar hanya menurut bagannya. Bagan wesel ada dua macam yaitu :

a. Bagan Ukuran

Bagan ukuran menjelaskan ukuran-ukuran wesel dan dapat digunakan untuk menggambar emplasemen secara berskala.



Gambar 3.7 Bagan ukuran wesel

- M = titik tengah wesel; titik potong antara sumbu sepur lurus dengan sumbu sepur belok
- A = Permulaan wesel; tempat sambungan rel lantak dengan rel biasa
- B = akhir wesel; sisi belakang jarum
- n = nomor wesel
- p = patok bebas (*vrypaal, freepost*), tempat dimana jarak antar sepur 3,4 meter
- CD = posisi penempatan lampu-lampu sinyal

Contoh beberapa besaran wesel dapat ditabelkan, seperti Tabel-3.2 berikut:

Tabel 3.2 Besaran Wesel

JENIS WESEL	REL	a (meter)	b (meter)
W8	R25,R33,R42	9,544	12,45
W9	R25	9,544	12,45
W10	R25,R33,R42	9,544	12,45
W12	R25,R33	9,544	12,45
W14	R25	9,544	12,45
W12-EX JEPANG	R-54	9,912	14
W12-EX AUSTRIA	R-54	12,50	14

b. Bagan Pelayanan

Dalam gambar emplasemen, bagan pelayanan menjelaskan kedudukan biasa lidah-lidah wesel dan cara pelayanannya.

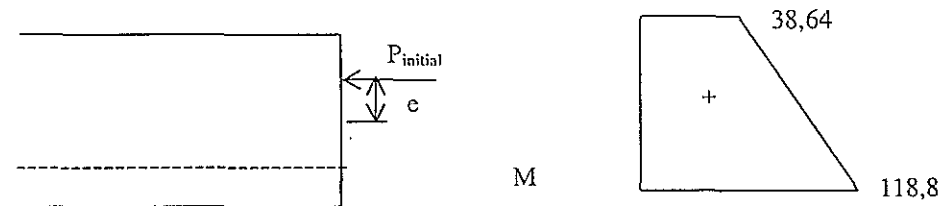
Sumber-sumber dan Referensi :

1. Cogifer, Division Industrie, "Railway Technology, Point and Crossing, Switch Machine", France
2. Esveld Coenraad, "Modern Railway Track", Graphics Department of Thyssen Stahl Ag, Duisburg, 1989.
3. Hay. W.W "Railroad Engineering", John Wiley and Sons, Second Edition, New York, 1982
4. PJKA, "Album Wesel Perumka"
5. PJKA, "Penjelasan Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, (Penjelasan PD No 10)", PJKA, April 1986
6. PJKA, "Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)", PJKA, April 1986
7. Selig, E,T and Waters J.M, " Track Geotechnology and Substructure Management", Thomas Telford Services Ltd, First published, London, 1994

Sisi bawah:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{efektif}}}{A} - \frac{P_{\text{efektif}} \times e}{W} + \frac{M}{W} \\ &= \frac{18 \times 1783,76}{400,75} - \frac{18 \times 1783,76 \times 0,135}{1206,63} + \frac{51009}{1206,63} \\ &= 118,8 \text{ kg/cm}^2 \text{ } (< 200 \text{ kg/cm}^2)\end{aligned}$$

Kondisi tegangan:



Catatan: + tegangan tekan
- tegangan tarik

Sumber-sumber dan Referensi :

1. ANF industry, Perancis
2. Esveld Coenraad, "Modern Railway Track", Graphics Department of Thyssen Stahl Ag, Duisburg, 1989.
3. Hay. W.W "Railroad Engineering", John Wiley and Sons, Second Edition, New York, 1982
4. PJKA, "Album Gambar Gerbong"
5. PJKA, "Album Gambar Kereta"
6. PJKA, "Album Gambar Lokomotif"
7. PJKA, "Penjelasan Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, (Penjelasan PD No 10)", PJKA, April 1986
8. PJKA, "Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)", PJKA, April 1986
9. Selig, E,T and Waters J.M, " Track Geotechnology and Substructure Management", Thomas Telford Services Ltd, First published, London, 1994

BAB IV

PENAMBAT

4.1 UMUM

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser.

4.2 JENIS PENAMBAT

4.2.1 Penambat Kaku dan Penambat Elastis

Pada awal penggunaan jalan kereta api, rel dipasang langsung ke bantalan kayu dengan memakai paku (*dog-spike*), dan untuk mengatasi gaya muai rel, diberikan celah (*gap*) yang cukup, dan pemakaian alat 'anti creepers' yang dipasang di kaki rel, dengan panjang rel maksimum 6,8 meter.

Sejalan dengan pergerakan kendaraan rel yang semakin cepat dan berat, maka paku sering terdesak, sehingga jarak sepur menjadi lebar, selain itu juga sering menjadi kendor dan akhirnya lepas, masalah lain adalah pada bantalannya yang patah pada dudukan relnya. Untuk mengatasi paku terdesak, cepat kendor dan lepas, maka dipakailah *tirpon*, sedangkan untuk mengatasi tegangan kontak yang besar antara kaki rel dan bantalan, dipakailah *pelat andas*, untuk memperbesar luas permukaan kontak, sehingga tegangan kontak berkurang.

Dengan makin tingginya kecepatan kereta, dan makin besarnya beban gandar yang dipakai, serta makin panjangnya rel yang digunakan, maka gaya-gaya yang bekerja terhadap penambat akan semakin besar, vibrasi yang terjadi semakin tinggi juga, sebagai contoh kecepatan 120 kph vibrasi rel dapat mencapai 100 g, dan pada kecepatan 330 kph, percepatan vibrasinya dapat mencapai 305 g.

Besarnya vibrasi ini, tentu saja tidak dapat diredam oleh *tirpon*, sehingga yang sering terlihat adalah kondisi *tirpon* terdesak, kendor (tidak bisa menahan gaya suhu, tetapi tetap menahan gaya lateral), sampai tercabut dari bantalan, pada saat inilah mulai terjadi kerusakan rel dan

kerusakan geometri jalan rel, yang dapat mengurangi kenyamanan dan keamanan perjalanan kereta api.

Untuk mengurangi pengaruh vibrasi pada rel terhadap bantalan maka dipakailah penambat elastis. Penambat elastis, selain dapat meredam getaran, juga mampu menghasilkan gaya jepit (*clamping force*) yang tinggi, sehingga dapat memberikan perlawanan rangkak (*creep resistance*) yang baik.

Penambat kaku terdiri dari Mur dan baut, biasanya dipasang pada bantalan besi atau kayu, bisa dengan pelat andas, tetapi kekuatan jepitnya ada pada klem plat yang kaku. Penambat elastik tunggal, biasanya dipasang pada bantalan kayu atau besi, terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, tirpon, mur dan baut, kekuatan jepitnya pada batang jepit elastik.

Penambat elastik ganda, terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit, alas rel, tirpon. Mur dan baut, kekuatan jepitnya terdapat pada batang elastis, biasanya dipakai pada bantalan beton dengan tidak mempergunakan pelat andas, tetapi dipakai alas karet (*rubber pad*), yang tebalnya disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

4.2.2 Model Penambat

Jenis penambat baik yang tergolong dalam penambat kaku maupun elastis, mempunyai berbagai bentuk hak paten tersendiri, metoda penjepitan penambat ke bantalan, dapat berupa gaya tarikan (*pull-out*), bending maupun torsi.

Pada umumnya penambat elastik dapat dibagi kedalam dua jenis yaitu :

- Daya jepit dihasilkan langsung, misalnya Pandrol, DE, Dorken, Fist-BTR
- Daya jepit dihasilkan dengan bantalan mur-baut atau tirpon, misalnya F-type, Nabla

4.3 PENGGUNAAN PENAMBAT

4.3.1 Faktor-faktor Penggunaan Penambat

Penggunaan jenis penambat, banyak ditentukan oleh faktor-faktor :

- Pengalaman pemakaian
- Besarnya gaya jepit (*clamping force*)

- Besarnya nilai rangkak (*creep resistance*)
- Kemudahan perawatan
- Pemakaian kembali, jika rel diganti dimensinya
- Umur penambat
- Harga penambat
- Dan sebagainya

4.3.2 Persyaratan Teknis Penambat

Persyaratan teknis penambat adalah :

- 1) Gaya jepit penambat elastik harus kuat untuk menjamin bahwa gaya tahan rel pada bantalan lebih besar daripada gaya tahan merangkak bantalan pada stabilitas dasar balas
- 2) Gaya jepit penambat dapat bertahan lama, meskipun alat penjepitnya tak dapat dihindarkan terjadi sedikit kelonggaran dan keausan pada pelat andas maupun angker pada bantalan
- 3) Frekwensi getaran alami dari penambat pada dasarnya harus lebih besar daripada frekwensi getaran alami rel, agar supaya dapat mencegah setiap kehilangan kontak antara penambat dengan rel selama lalu lintas melalui jalan rel
- 4) Bahan material penambat harus mempunyai kualitas yang baik agar supaya dapat mempertahankan kekenyalan penambat dalam jangka panjang setelah waktu pemasangan dan pembongkaran
- 5) Rel dan pengencangan penambat sebaiknya dilakukan dengan cepat, baik secara mekanik yang sederhana atau secara manual
- 6) Penyetelan penambat sebaiknya dilakukan dengan cepat dan mudah serta dapat dilakukan oleh bukan tenaga ahli khusus
- 7) Penambat cukup mampu dan kuat sebagai penggabungan susunan isolasi listrik dan mudah diganti bila terjadi kerusakan.
- 8) Penambat harus mempunyai alas karet. Dimana alas karet mampu mencegah merangkak rel, meredam tegangan vertikal, yang bekerja ke bawah, melindungi permukaan bantalan serta mempunyai daya tahan listrik yang cukup untuk pemisahan rel dari bantalan.

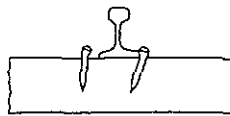
4.3.3 Penambat Kaku

4.3.3.1. Kerusakan Jalan Akibat Gaya Lateral

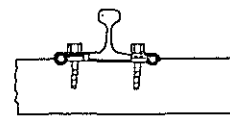
Gaya lateral yang merusak jalan rel dengan 3 (tiga) cara :

- *Push-out* (terdesak), mendorong alat penambat ke arah lateral menyebabkan melebarnya lebar sepur
- Pergeseran struktur diatas balas
- *Pull-out*, alat penambat tercabut, tertarik/terangkat keluar

Dapat digambarkan sebagai berikut :

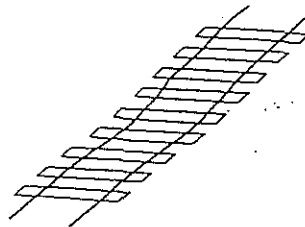


Terdesaknya paku (*Push out*)

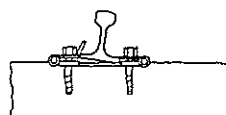


Terdesaknya alat penambat

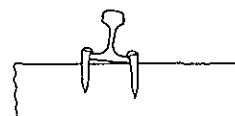
Gambar 4.1 Penambat Terdesak (*Push-out*)



Gambar 4.2 Pergeseran jalan



Tercabutnya paku

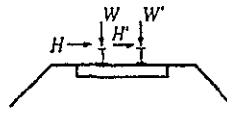


Patah penambat

Gambar 4.3 Penambat tercabut ⁽³⁾

Kemungkinan besar yang biasanya terjadi adalah terdesaknya alat penambat dan bergesernya struktur jalan rel, sedangkan kejadian tercabutnya penambat sangat jarang terjadi.

Besarnya gaya-gaya yang menahan *push-out* dan pergeseran dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambat- 4 Gaya-gaya penahan

Kekuatan terhadap Terdesak Penambat (*Push Out*)

$$H = 2\eta \frac{F_1(\gamma)}{\phi_1(\xi\gamma)_l} W + \frac{2S_n}{\phi_1(\xi\gamma)_l + F_1(\gamma^*)}$$

Kekuatan terhadap Pergerakan Bantalan diatas Balas

$$H + H' = \mu \frac{F_1(\gamma)}{\phi_1(\xi\gamma)_l} (W + W') + \frac{T}{\phi_1(\xi\gamma)_l}$$

$$\gamma = \frac{6EI_x X}{Da^3}; \xi = \frac{\epsilon a^3 \ddot{W}}{6EI_y}; \gamma^* = \frac{6EI_y}{k^* a^3}$$

Dimana :

- EI_x = Kekakuan vertikal Rel (kg-cm^2)
- EI_y = Kekakuan lateral rel (kg-cm^2)
- a = jarak bantalan
- D = Gaya untuk menekan rel sehingga jalan rel berdefleksi satu satuan (kg/cm)
- ϵ = Konstanta pegas arah lateral dari rel terhadap gaya vertikal (cm^{-1})
- W = Tekanan pada roda rata-rata (kg)
- W, W' = Tahanan roda (kg)
- H, H' = Tahanan lateral
- k^* = Konstanta pegas arah lateral dari bantalan (kg/cm)
- μ = Koefisien gesekan antara balas dan bantalan
- η = Koefisien gesekan antara rel dan bantalan
- S_n = Gaya untuk mencabut paku (kg/buah)
- T = Gaya gesekan bantalan dan balas (200 kg/bantalan)

Harga-harga konstanta diatas JNR

$$\epsilon = 4,5 - 5 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

$$\eta = 0,6 - 0,72 \text{ dipakai } 0,6$$

Teknik Jalan Rel

$\mu = 0,65 - 0,88$ dipakai 0,65

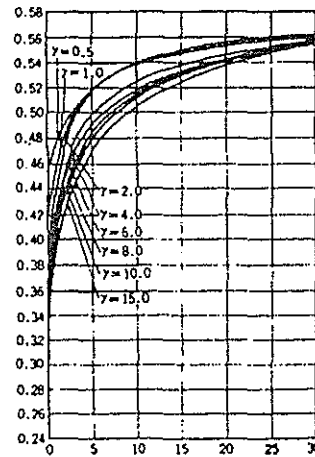
$S_n = 260 - 1700$ kg/buah, dipakai 700 kg/buah

$D = 20.000$ kg/cm

$k^* = 400.000 - 1.000.000$ kg/cm dipakai 500.000 kg/cm

Tabel F1 (γ)1

γ	F1
0	0.600481
0.1	0.560727
0.5	0.485651
1	0.441099
2	0.393468
3	0.365572
4	0.346023
5	0.331133
6	0.319186
7	0.309260
8	0.300803
9	0.293458
10	0.286981
11	0.281204
12	0.275996
13	0.271264
14	0.266932
15	0.262943
16	0.259251
17	0.255816
18	0.252608
19	0.249600
20	0.246772



Gambar 4.5 Tabel dan Gambar variabel F dan ϕ ⁽³⁾

4.3.3.2. Batas Gaya Lateral

Batas gaya lateral yang menyebabkan terlepasnya tirpon dari bantalan dapat digambarkan sbb :

- Batas Primer, dimana gaya lateral bekerja hanya seketika, keadaan jalan masih baik (lebar sepur masih baik dan belum ada pergeseran jalan rel)
- Batas sekundair, dimana gaya yang bekerja terjadi setelah lebar sepur berubah atau jalan telah bergeser

Besarnya gaya-gaya tersebut adalah :

- Pelebaran sepur (Push Out)

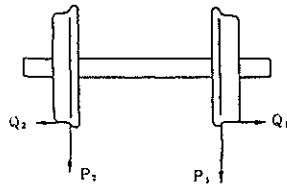
Batas primer $Q \leq 2,9 + 0,3 P$ dengan pelat andas

$Q \leq 1,8 + 0,3 P$ tanpa pelat andas

Batas sekunder $Q \leq 1,9 + 0,3 P$ dengan pelat andas
 $Q \leq 1,2 + 0,3 P$ tanpa pelat andas

• Pergeseran Jalan

Batas primer $(Q_1 - Q_2) \leq 1 + 0,35 (P_1 + P_2)$ dengan pelat andas
 Batas sekunder $(Q_1 - Q_2) \leq 0,85 | 1 + 0,35 (P_1 + P_2) |$ tanpa pelat andas



Gambar 4.6 Gaya antara Roda dan Rel ⁽³⁾

4.3.3.3. Contoh Perhitungan

Kayu kelas I $\sigma = 100 \text{ kg/cm}^2$

Tirpon; Diameter $\phi = 1,8 \text{ cm}$

Panjang ; $l = 12 \text{ cm}$

Beban roda 9000 kg

Rel R-54, $I_x = 2346 \text{ cm}^4$

$I_y = 417,5 \text{ cm}^4$

Jarak bantalan = 60 cm

$$\gamma = \frac{6 \times 2,110^6 \times 2346}{20.000 \times 60^3} = 6,84$$

$$\xi = \frac{5 \times 60^3 \times 9000}{6 \times 2,1.10^6 \times 417,5} = 1,85$$

$$\gamma^* = \frac{6 \times 2,1.10^6 \times 417,5}{500.000 \times 60^3} = 0,0478$$

$$F_1(\gamma)_1 = 0,31086$$

$$F_1(\gamma^*)_1 = 0,5811$$

$$\phi_1(\xi\gamma)_1 = 0,42$$

$$H = 2 \times 0,60 \times \frac{0,31086}{0,42 + 0,5811} \times 9000 + 0,42 + \frac{2 \times 700}{0,42 + 0,5811} = 4752,05 \text{ kg}$$

$$H + H' = 0,65 \times \frac{0,31086}{0,42} \times 18.000 + \frac{200}{0,42} = 9135,72 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_k &= \sigma \times F_n \\ &= 108 \text{ kg/cm}^2 \times \pi \times 0,9 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \\ &= 3664,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

Supaya tidak tergeser maka dibutuhkan minimal 2 (dua) tirpon untuk satu rel atau 3 (tiga) tirpon untuk satu gandar (2 rel). Jika pada suatu saat diperlukan perubahan dalam pemakaian sarana (kendaraan rel), misalnya dengan pemakaian sarana yang bertekanan gandar lebih tinggi, sehingga nilai H dan H' akan berubah, maka batas gaya lateral harus tidak terlampaui, sehingga dapat menyebabkan tercabutnya tirpon dari bantalan.

Untuk contoh di atas;

$$\begin{aligned} Q &\leq 1,8 + 0,30 P \text{ (tanpa pelat andas)} \\ &\leq 1,8 + 0,3 \times P \\ &\leq 4,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

maka; $H > Q$, akan terjadi pencabutan tirpon

$$\begin{aligned} Q &\leq 2,9 + 0,30 P \text{ (dengan pelat andas)} \\ &\leq 2,9 + 0,3 \times P \\ &\leq 5,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

maka; $H < Q$, tidak akan terjadi pencabutan tirpon

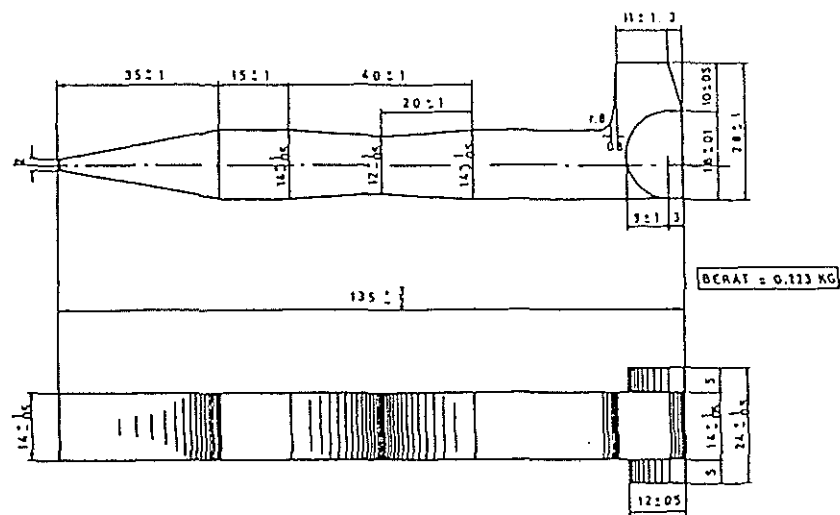
4.3.4 Penambat Elastis

Penambat Elastis dipergunakan secara besar-besaran pada saat ini, untuk memenuhi kebutuhan angkutan yang semakin cepat dan berat. Kekuatan jepit (*Clamping force*) dan kekuatan torsi (*torsional resistance*) menjadi hal yang sangat penting, karena dapat betul-betul mengikat rel ke bantalan dalam waktu yang lama, sehingga bantalan dan rel sebagai satu

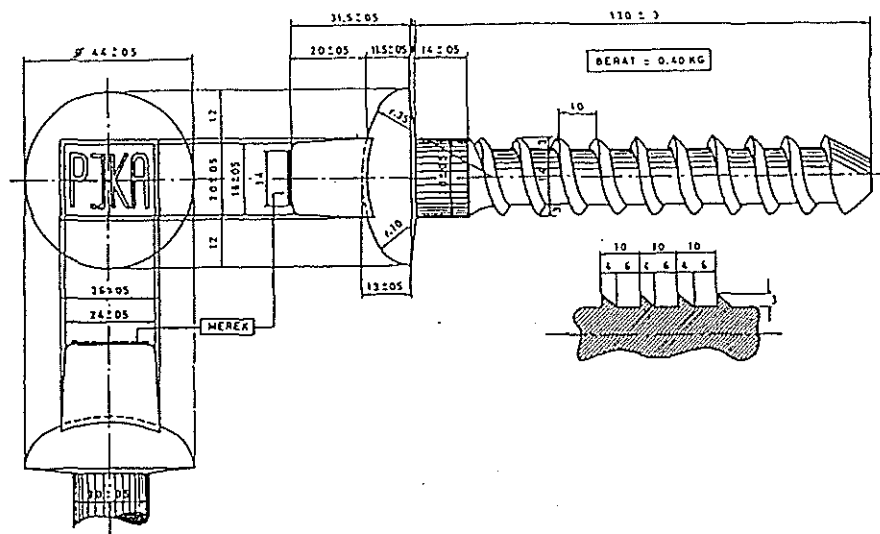
kesatuan dapat menahan gaya-gaya yang bekerja padanya, besarnya gaya jepit penambat adalah faktor utama dalam menentukan jenis penambat.

Kekuatan jepit penambat, didapat dari deformasi yang terjadi pada saat penambat terpasang pada rel, dan pada umumnya diambil pada deformasi 10 mm, beberapa gaya jepit penambat dapat dilihat pada gambar-4.7 sampai gambar-4.17.

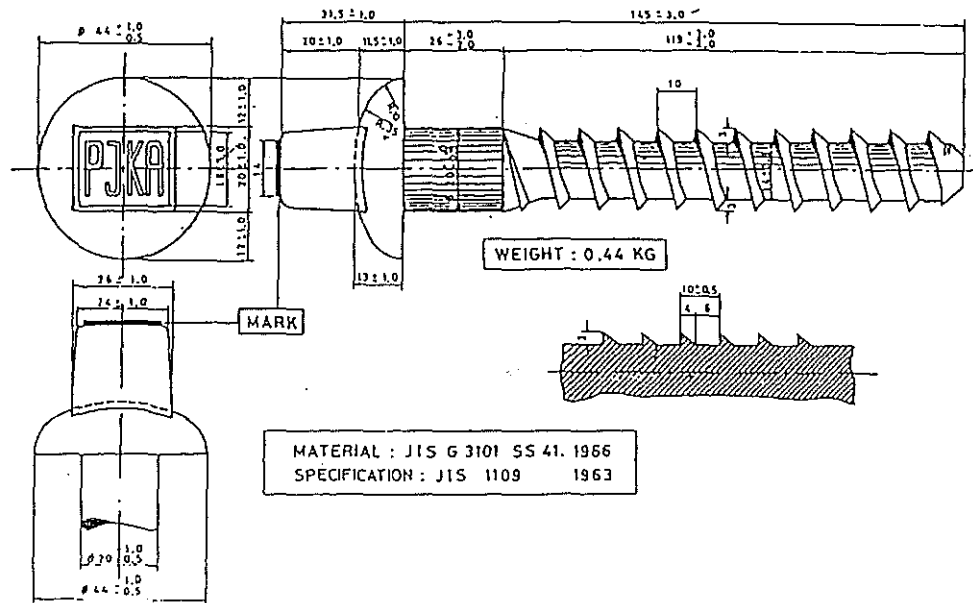
4.3.5 Contoh Gambar-gambar Penambat



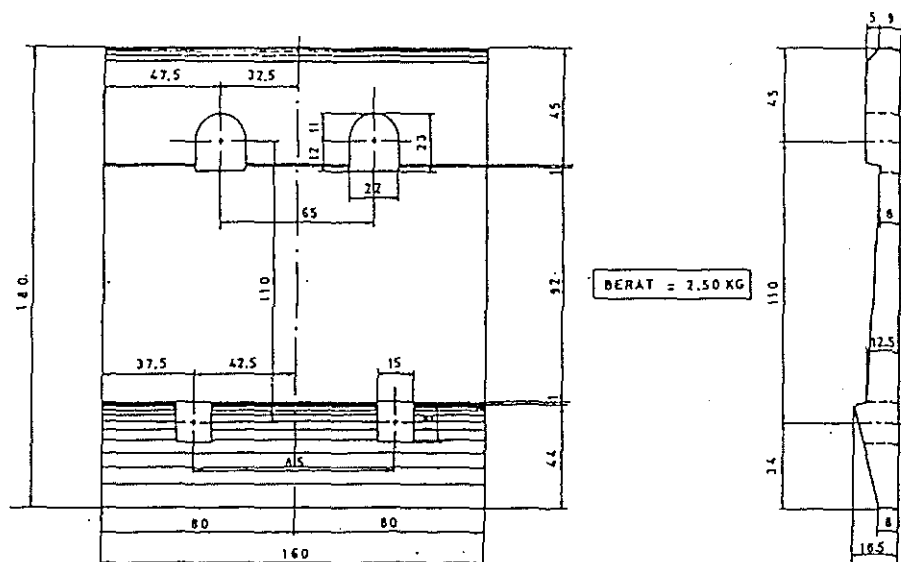
Gambar 4.7 Paku rel ⁽⁵⁾



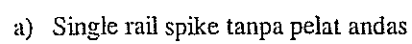
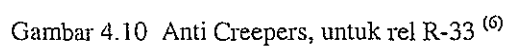
Gambar 4.8 Tirpon TA untuk rel R-25 ⁽⁵⁾

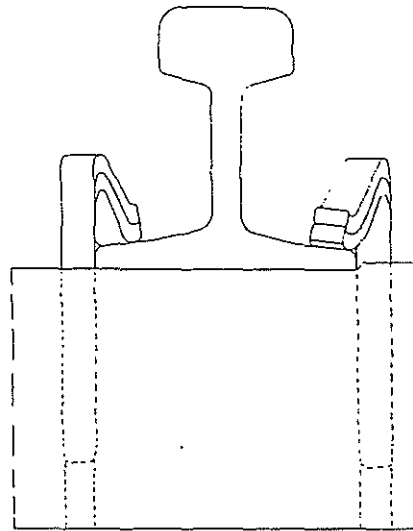


Tirpon TA untuk rel lebih besar dari R-25 ⁽⁶⁾

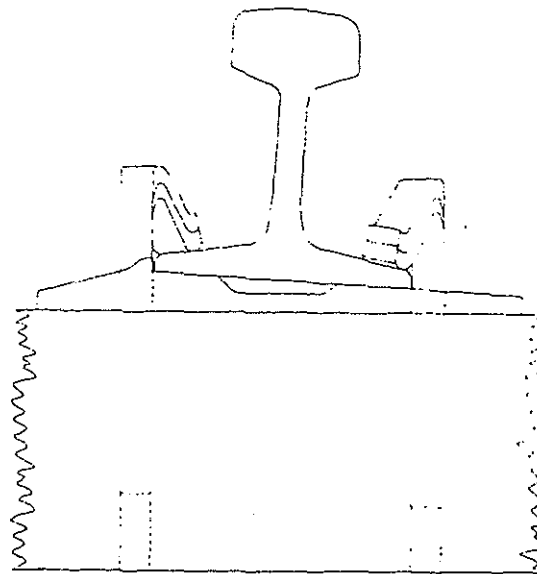


Gambar 4. 9 Pelat Andas tipe A untuk rel R-25 ⁽⁶⁾

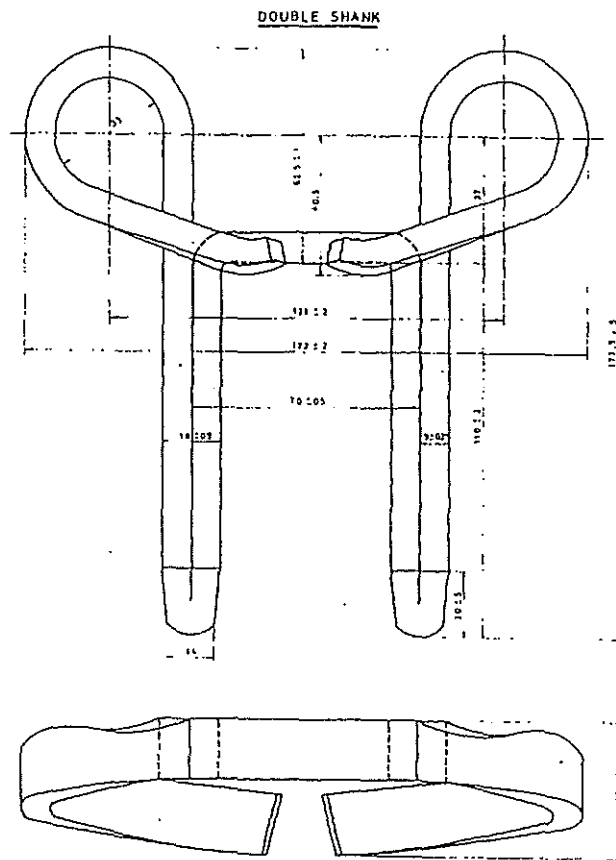




a) Single rail spike tanpa pelat andas

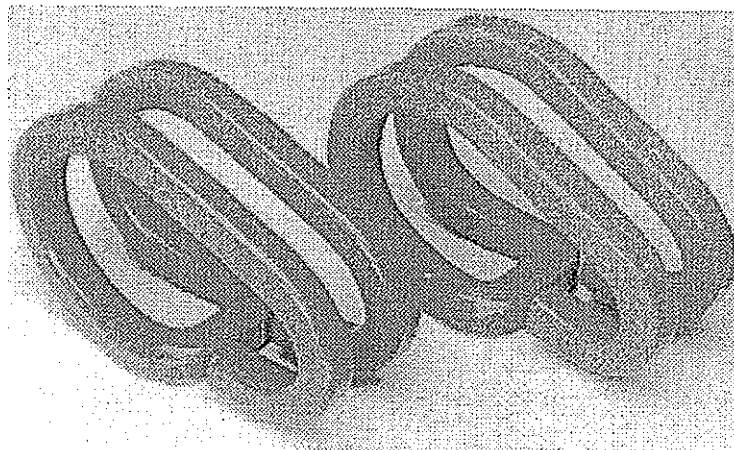


b) Single rail spike dengan pelat andas

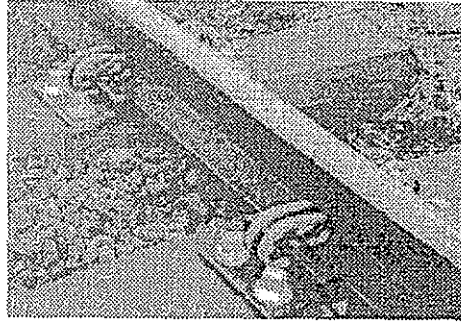


c) Double rail spike

Gambar 4.11: Penambat Elastik Rail Spike ⁽²⁾



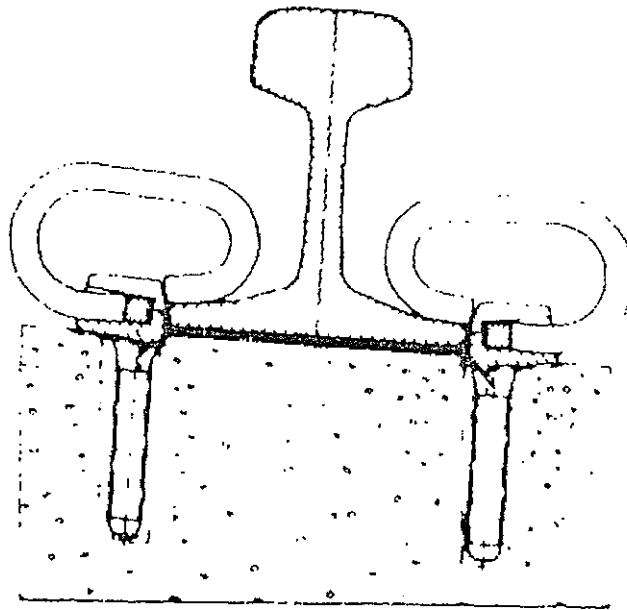
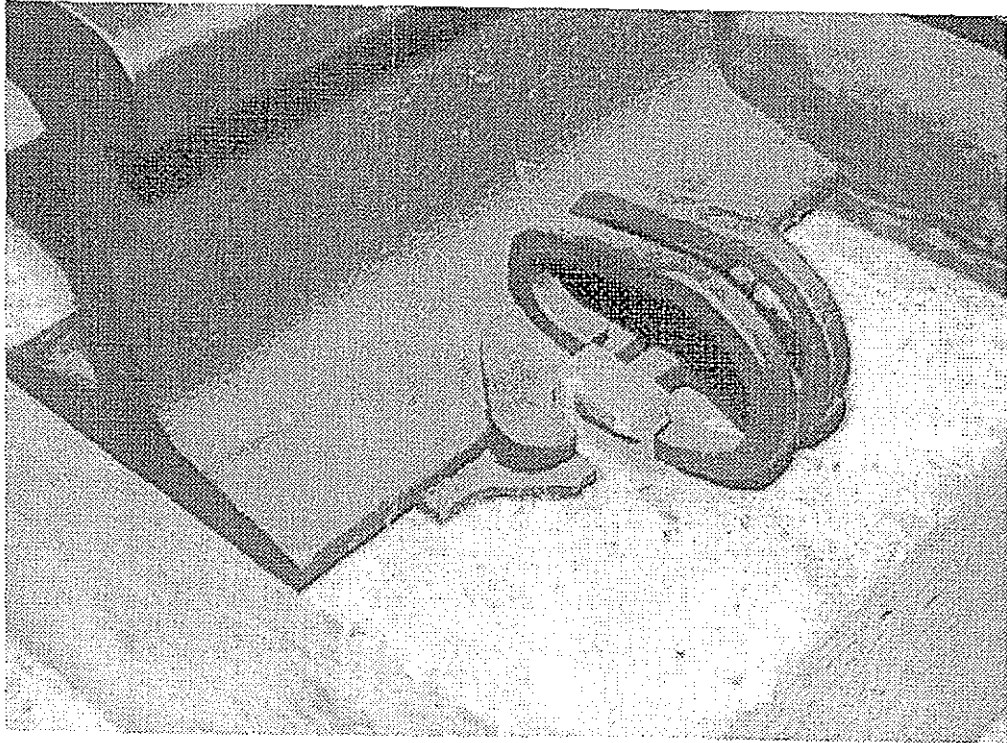
Gambar 4.12a DE clips



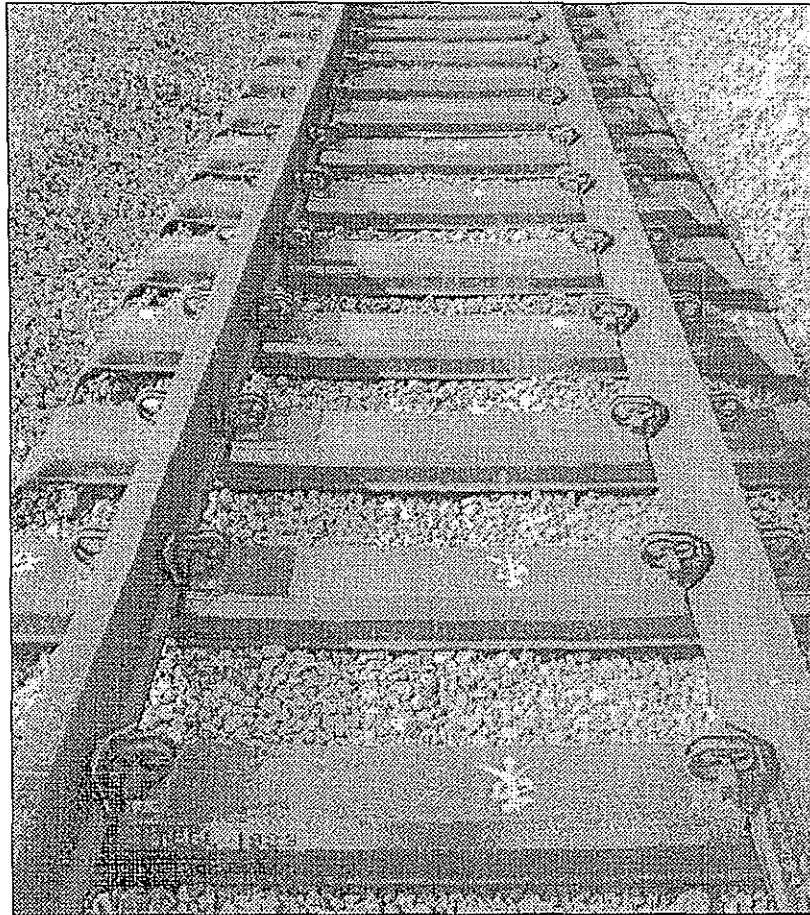
Gambar 4.12b Penambat Elastis DE pada bantalan kayu; Dengan pelat andas



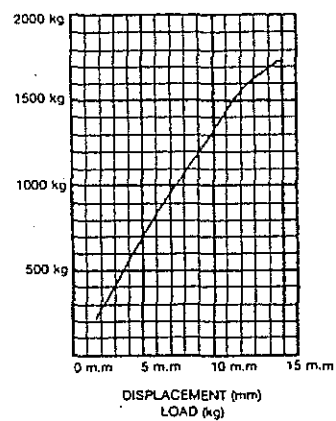
Gambar 4.12c Penambat Elastis DE pada bantalan kayu; Tanpa Pelat andas



Gambar 4.12d Penambat Elastis DE pada bantalan beton

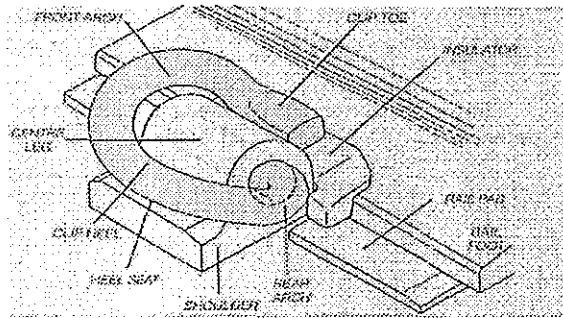


Gambar 4.12e Penambat Elastis DE pada bantalan besi

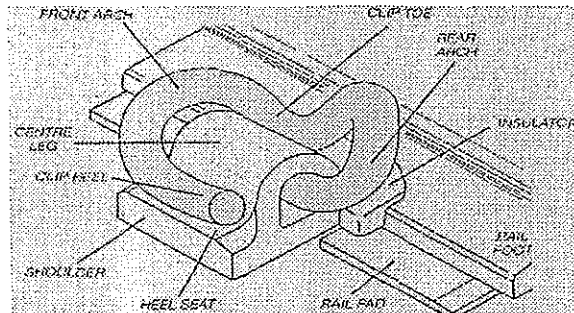


Gambar 4.12f Gaya Jepit (Clamping force) Penambat Elastis DE

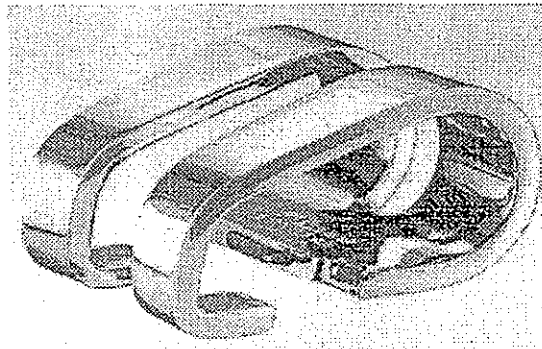
Gambar 4.12 Penambat Elastis DE (Belanda) ⁽¹⁰⁾



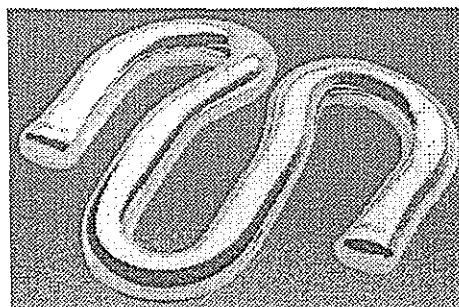
Gambar 4.13a Pandrol Clips; Tipe e



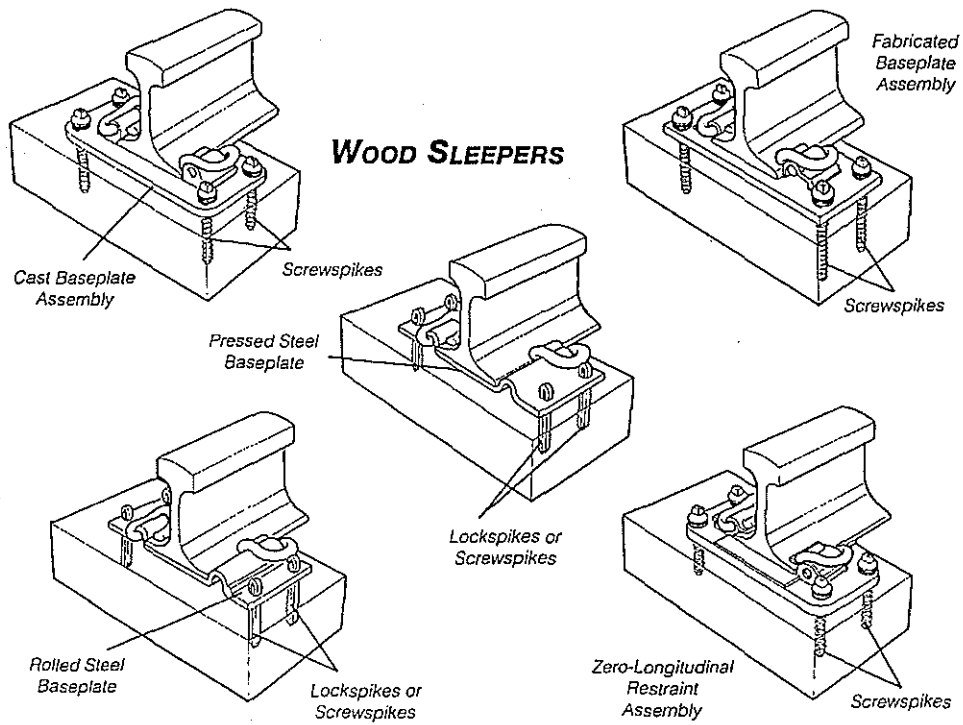
Gambar 4.13b Pandrol Clips; Tipe PR



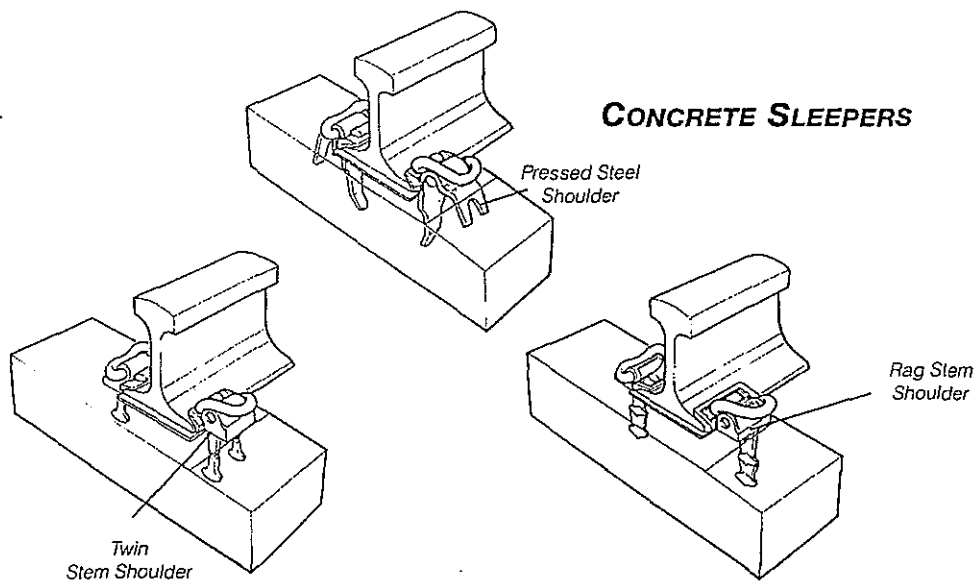
Gambar 4.13-c Safelok



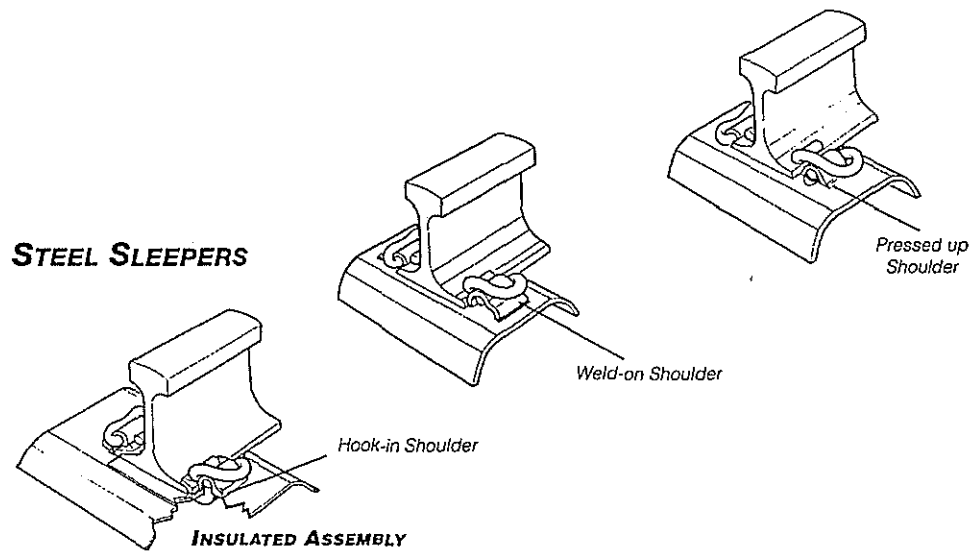
Gambar 4.14d Fastclip



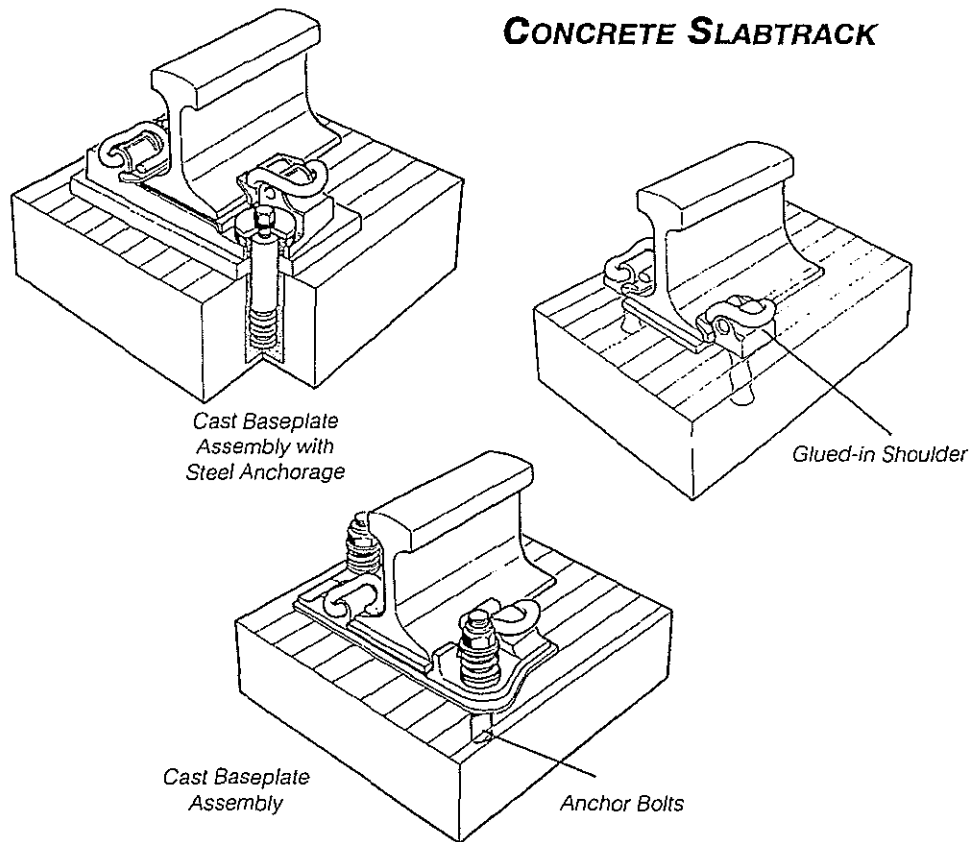
Gambar 4.13e Penambat Elastis Pandrol pada bantalan kayu



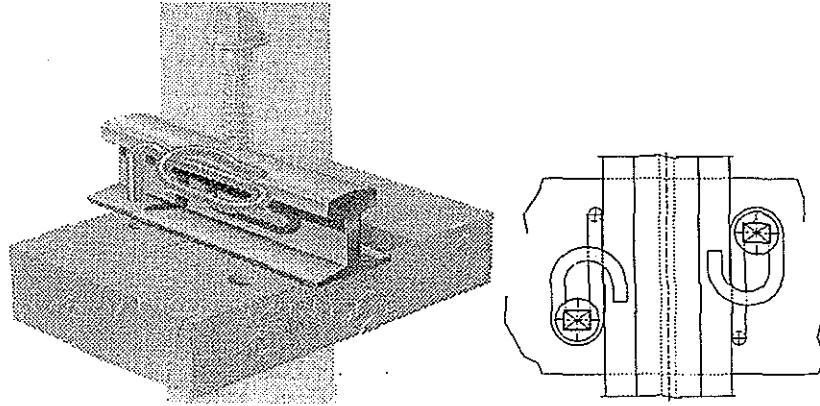
Gambar 4.13f Penambat Elastis Pandrol pada bantalan beton



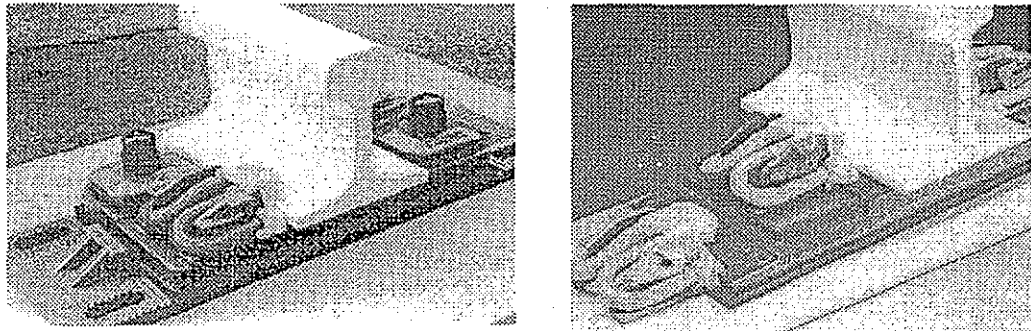
Gambar 4.13g Penambat Elastis Pandrol pada bantalan besi



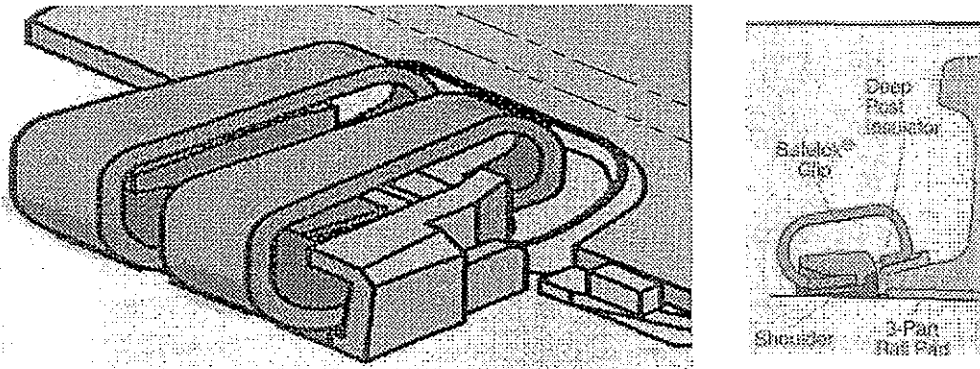
Gambar 4.13h Penambat Elastik Pandrol pada slab track



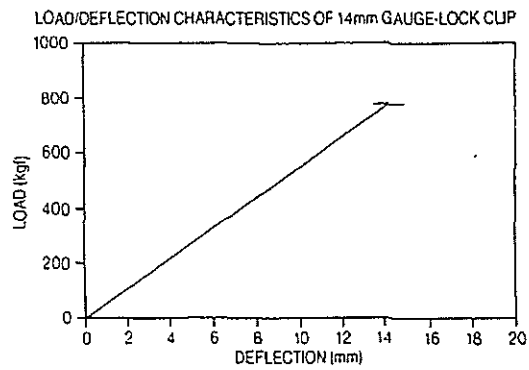
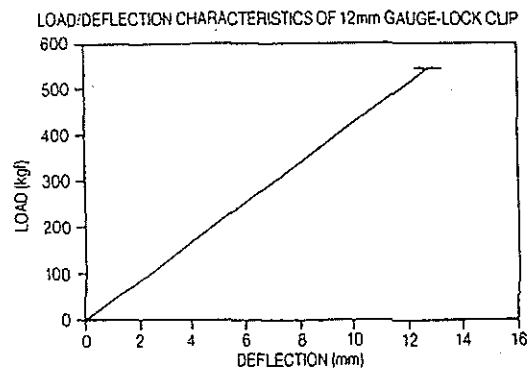
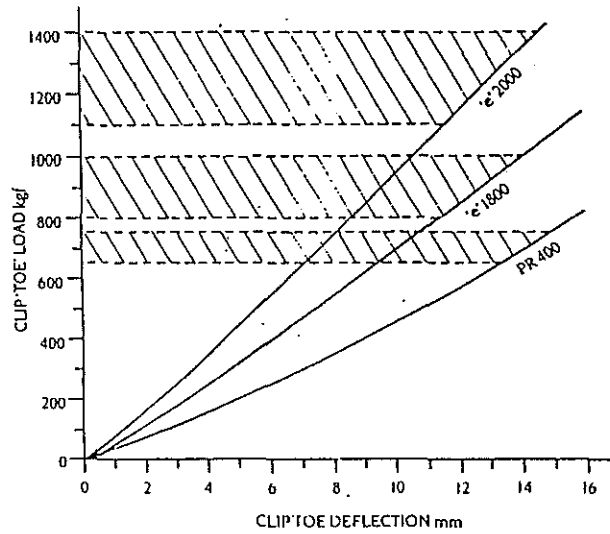
Gambar 4.13i Pandrol gauge lock



Gambar 4.13j Pandrol Fastclip

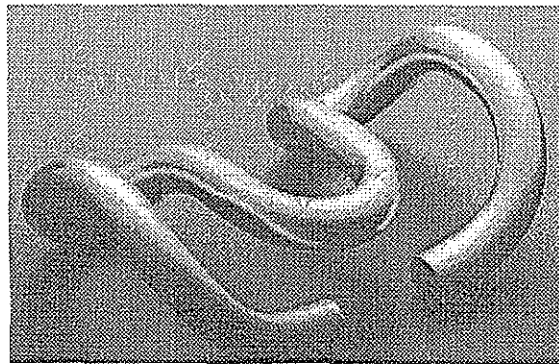


Gambar 4.13k Pandrol Safelok

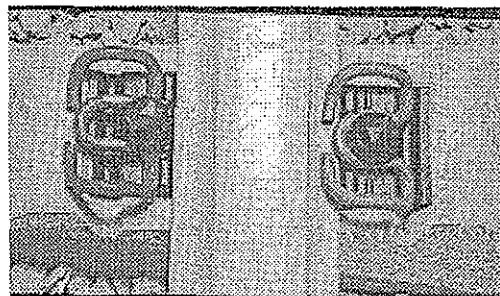
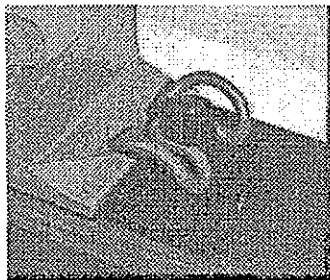


Gambar 4.13h Gaya Jepit (*Clamping force*) Penambat Elastis Pandrol

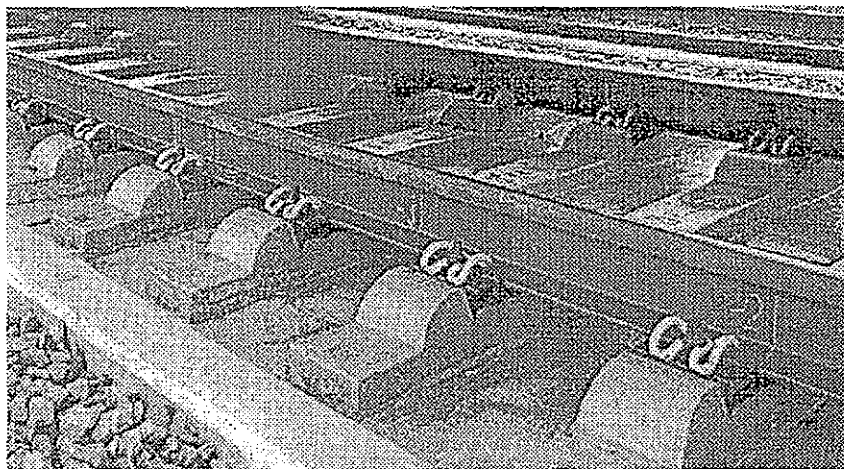
Gambar 4.13 Penambat Elastis Pandrol ⁽⁹⁾



Gambar 4.14a Vossloh Clip

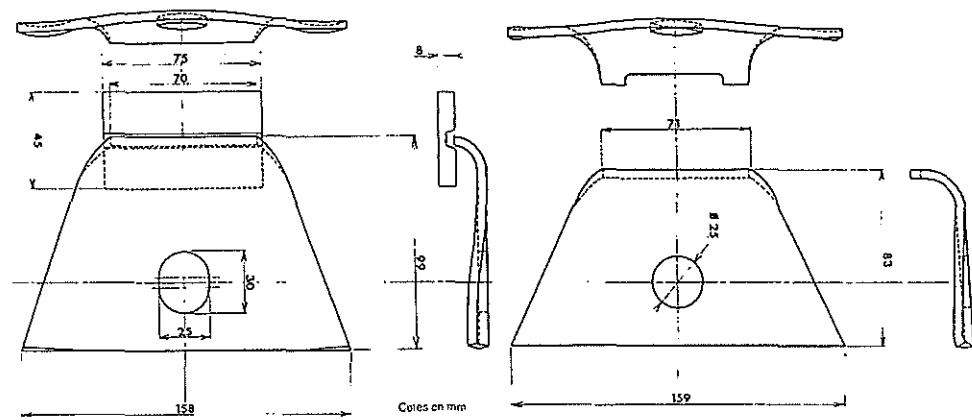


Gambar 4.14b Penambat Vossloh Pada Bantalan

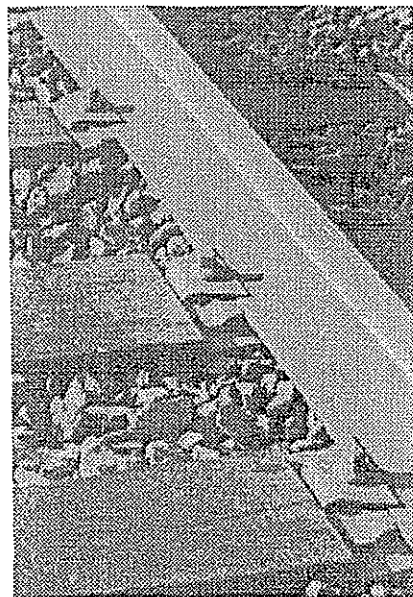


Gamabr 4.14c Jalan Rel dengan Penambat Vossloh

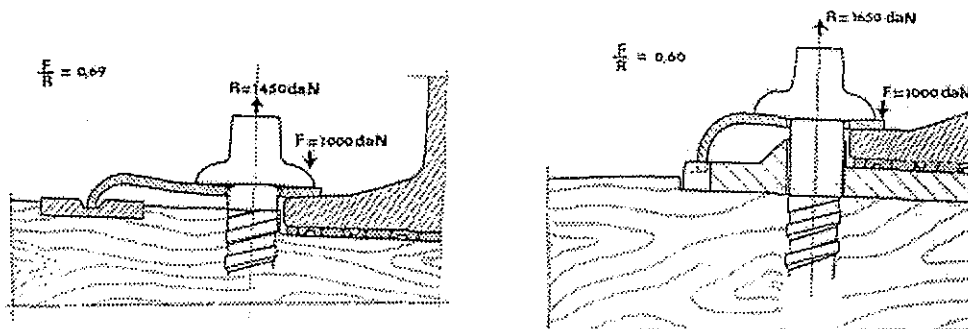
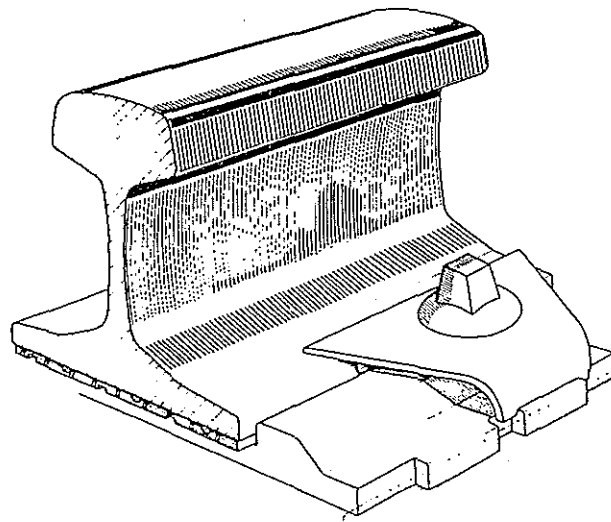
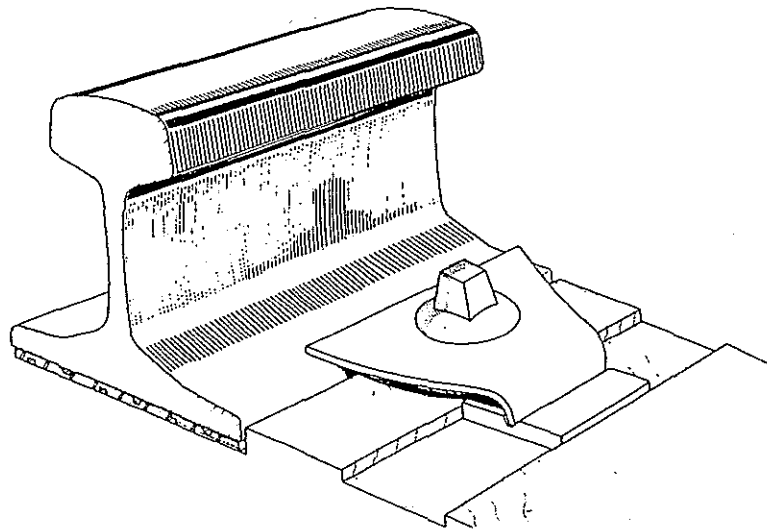
Gambar 4.14 Penambat Elastis Voosloh (Jerman)



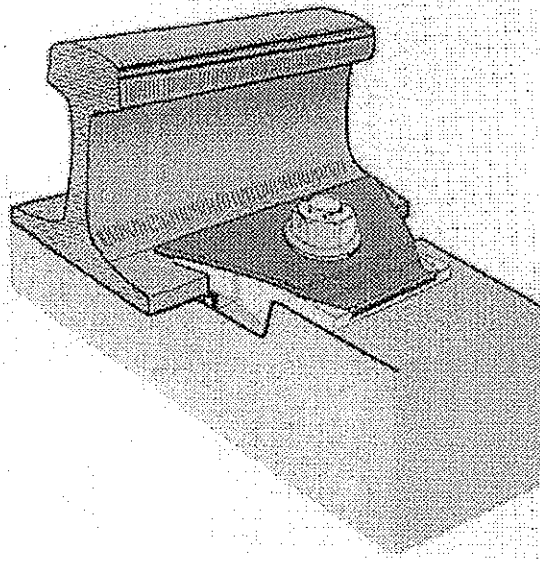
Gambar 4.15a Clip Penambat Elastis Nabla



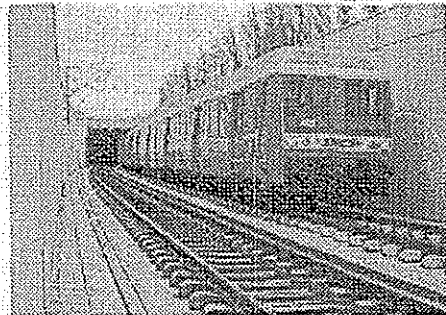
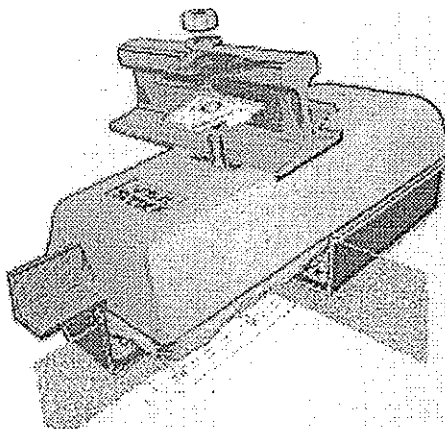
Gambar 4.15b-1 Penambat Elastik Nabla pada Bantalan Kayu



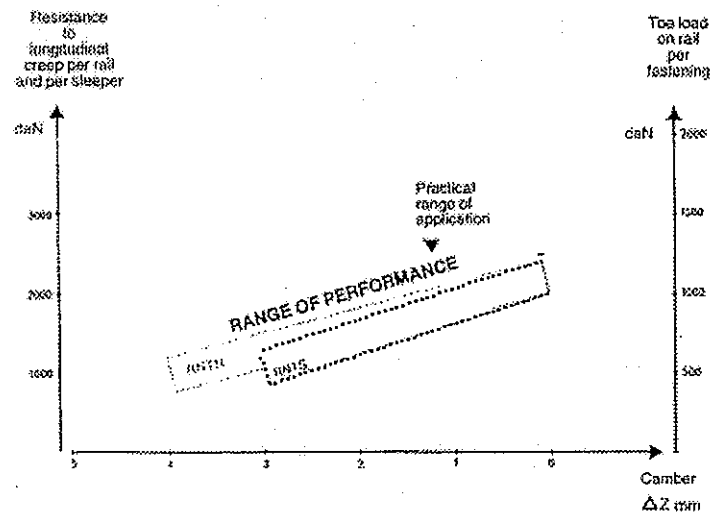
Gambar 4.15b-2 Penambat Elastis Nabla pada bantalan kayu



Gambar 4.15c Penambat Elastis Nabla pada bantalan beton

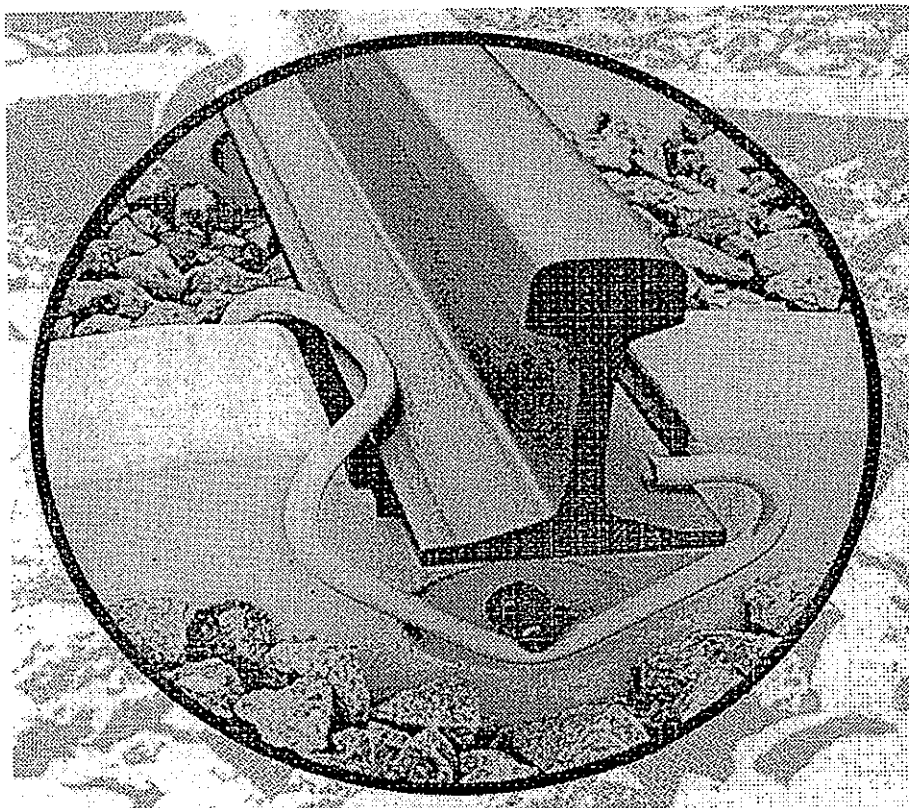


Gambar 4.15d Penambat Elastis Nabla pada slab track

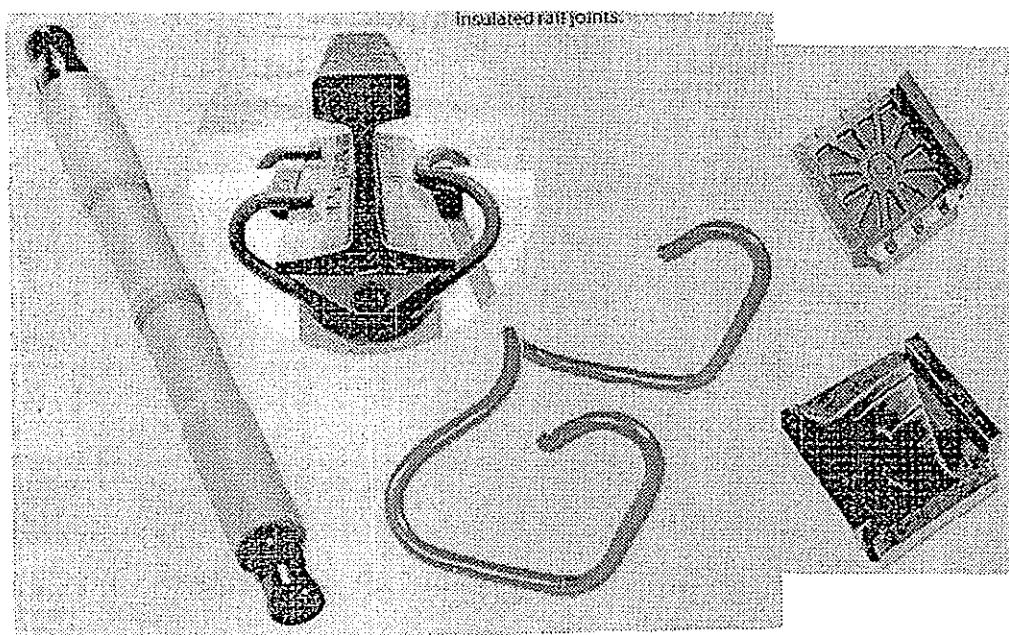


Gambar 4.15e Gaya Jepit (Clamping force)-Penambat Elastis Nabla

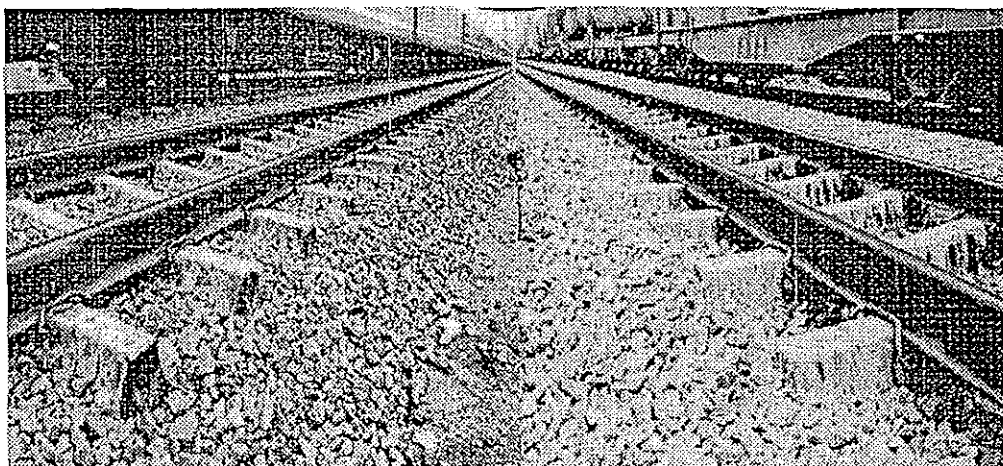
Gambar 4.15 Penambat Elastis Nabla (Perancis)



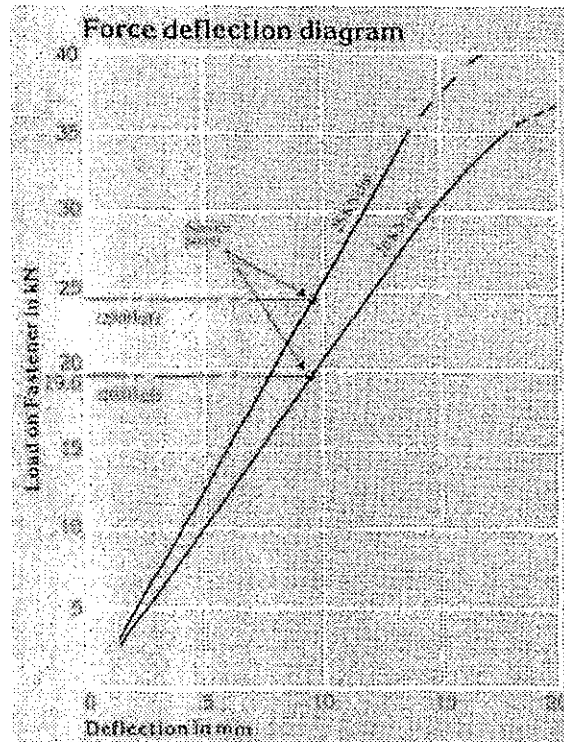
Gambar 4.16a Penambat Elastik FIST-BTR



Gambar 4.16b Komponen Penambat FIST-BTR

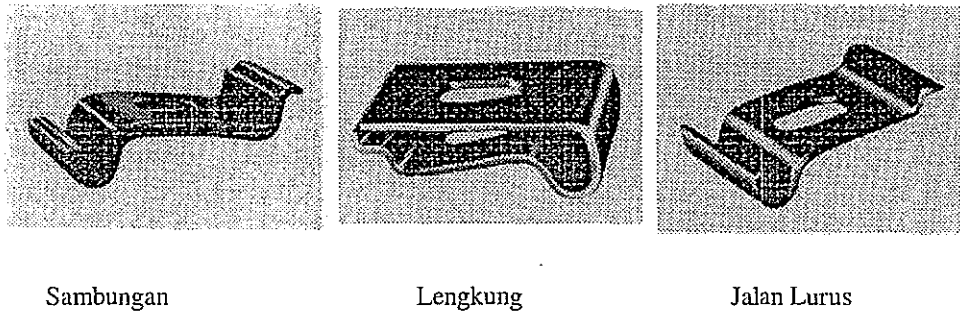


Gambar 4.16c Jalan Rel dengan Penambat FIST-BTR

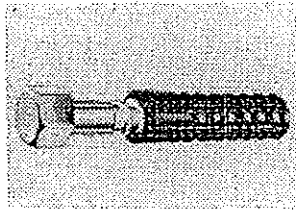


Gambar 4.16d Gaya Jepit (*Clamping force*) Penambat Elastis FIST-BTR

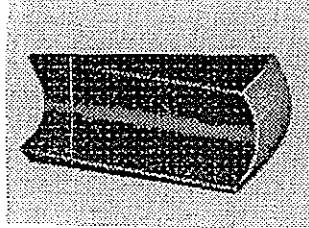
Gambar 4.16 Penambat Elastis FIST-BTR (Australia/Scandinavia) ⁽¹⁾



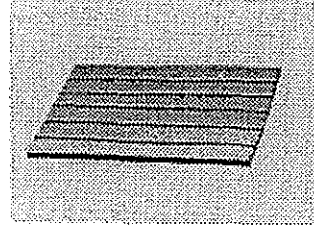
Gambar 4.17a Clip Penambat F-type



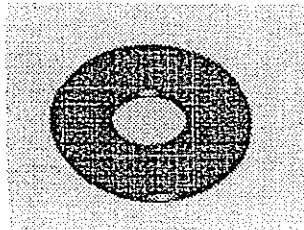
Baut



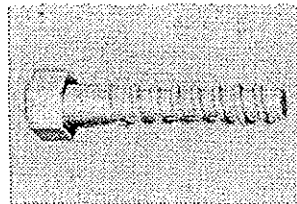
Pengatur Pelebaran sepur



Alas Karet



Ring



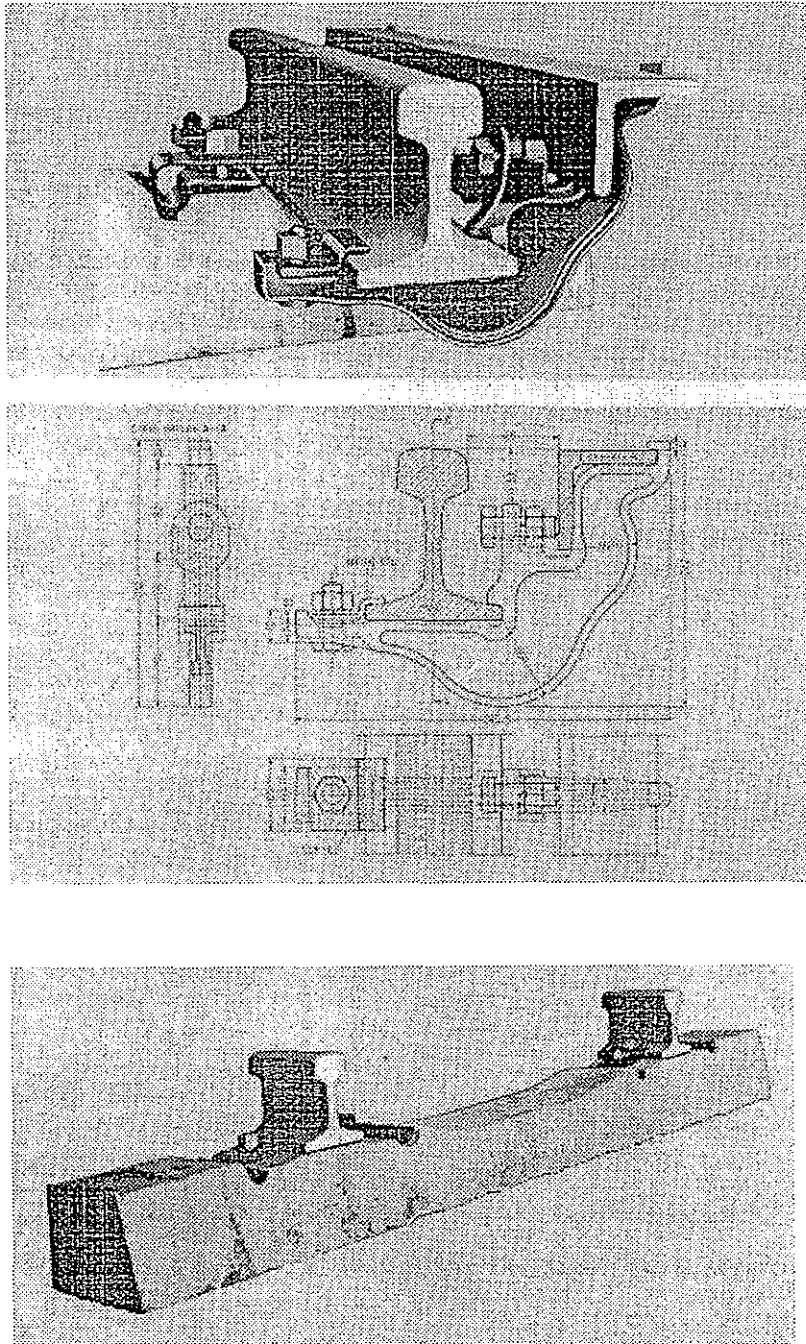
Baut

Gambar 4.17b Perlengkapan Penambat F-type



Gambar 4.17c Penambat F-type pada bantalan beton

Gambar 4.17 Penambat F-type ⁽¹²⁾



Gambar 4.17d Clip Penambat Elastis F-type

Sumber-Sumber dan Referensi :

1. BTR Rail Fasteners (Australia)PTY,LTD, “ BTR Rail Fasteners”
2. Elastik Rail Spike Co. LTD, London, “Bulletin No 12”, 1967
3. JNR, “ Track Maintenance”, JICA, 1980
4. LAPI-ITB, “Laporan Akhir Peraturan Bahan Jalan Rel, LAPI ITB”, LAPI-ITB, Januari 1989
5. LAPI-ITB, “Laporan Akhir Peraturan Umum Pelaksanaan Pembangunan Jalan Rel, LAPI ITB”, Januari 1989
6. PJKA, “Gambar Rel dan Alat-alat Penambat”
7. PJKA, “Penjelasan Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, (Penjelasan PD No 10)”, PJKA, April 1986
8. PJKA, “Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)”, PJKA, April 1986
9. PT Pandrol Indonesia , “ Pandrol”
10. PT Pindad, “ DE Rail Fastening” 1992
11. Railway Gazette International, December 1978
12. Railway Track Material,Co,Ltd, Japan,”PC Sleepers”
STEDEF SA,”Nabla Double Elastic Fastening”