

## PENGUJIAN BANTALAN BETON UNTUK TRACK JALAN KERETA API SEPUR 1435 MM MENGGUNAKAN STANDAR UJI AREMA

Dwi Purwanto

### Abstract

*This paper discuss about test method for pretension monoblock concrete ties of S-35 / 20 type, and used with rail of R-54 / R-60 type, that will be used for new tract at Sumatera. The aim of testing is to know the quality of monoblock ties, so it can be know if such monoblock ties technically can operate and meet the safety transportation requirement. Test method refered is AREMA (America Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association) standard as recommended by Directorate Technique of Train. From this can be concluded that the 2<sup>nd</sup> specimen of 3 specimens fail to meet the test requirement, while the other specimens fulfil the test requirement and can be used in operation. So, this production series of monoblock ties in general can be used.*

**Keywords:** technique specification of monoblock ties, AREMA test standard.

### 1. PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan salah satu transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus terutama dalam kemampuannya untuk mengangkut baik penumpang maupun barang secara masal, hemat energi, hemat dalam penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, dan tingkat pencemaran yang rendah serta lebih efisien dibanding dengan transportasi jalan raya. Kereta api merupakan alat transportasi masal yang umumnya terdiri dari lokomotif dan rangkaian kereta atau gerbong. Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang maupun barang dalam skala besar. Karena sifatnya sebagai angkutan masal sangat efektif, pemerintah melalui departemen perhubungan berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik di dalam kota, maupun antarkota.

Salah satu komponen penunjang sarana dan prasarana perkeretaapian adalah bantalan rel beton prategang. Bantalan rel berfungsi untuk mendukung rel sebagai jalur kereta api yang ditambatkan melalui alat penambat rel. Agar diperoleh kondisi jalur yang handal dan memenuhi persyaratan keselamatan transportasi dan secara teknis layak untuk dioperasikan, maka dalam setiap seri produksi dari bantalan rel yang akan digunakan harus dilakukan pengujian di laboratorium penguji. Hasil pengujian menentukan kualitas bantalan. Bantalan yang memenuhi persyaratan uji dan layak untuk dioperasikan berhak mendapatkan sertifikat lolos uji dari lembaga sertifikasi produk atau laboratorium penguji yang telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional.

### 2. BENDA UJI

Benda uji terdiri dari 3 buah bantalan beton prategang tipe S-35/20 untuk Rel R-54/R-60 yang diambil secara acak dari satu seri produksi yang dibuat dari bahan dan cara yang sama. Adapun spesifikasi teknis yang dimiliki bantalan tersebut adalah sebagai berikut:

Mutu Material:

- Beton : K-600 JIS A 1132 – 1985  
JIS A 1108 – 1985
- PC Wire : Ø 7 mm, UTS = 15462 kg/cm<sup>2</sup>

Standar Material:

- Agregat : ASTM C 33 - 1999
- Semen : SNI 15 - 2049 - 2204
- Admixture : ASTM C 494 - 1999
- PC Wire : J I S G 3636 - 1999

Parameter Disain:

- Beban gandar = 20 ton
- Jarak antar bantalan = 600 mm
- Kecepatan maksimum = 160 km/jam

Momen Lentur Disain:

- Negatif dudukan rel = 1100 kg.m
- Positif dudukan rel = 1700 kg.m
- Negatif tengah bantalan = 1500 kg.m
- Positif tengah bantalan = 1000 kg.m

Luas Penampang:

- Penampang A = 617 cm<sup>2</sup>
- Penampang B = 564 cm<sup>2</sup>
- Penampang C = 409 cm<sup>2</sup>

Luas Permukaan:

- Permukaan bawah = 7025 cm<sup>2</sup>
- Permukaan samping = 5081 cm<sup>2</sup>
- Volume beton = 0,119 m<sup>3</sup>
- Berat bantalan = 300 kg

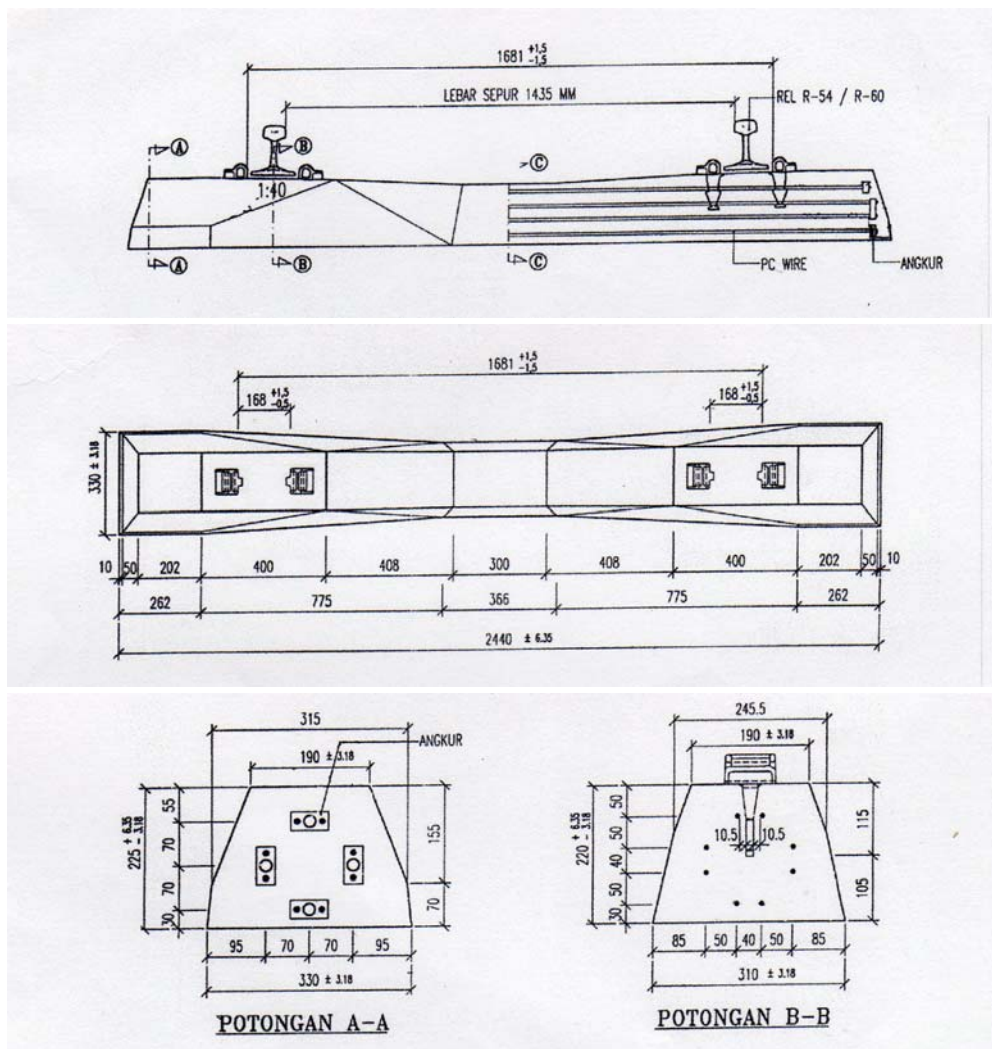
- b. Uji momen positif dudukan rel A
- c. Uji momen negatif tengah bantalan
- d. Uji momen positif tengah bantalan
- e. Uji momen negatif dudukan rel B
- f. Uji momen positif dudukan rel B
- g. Uji beban berulang dudukan rel B
- h. Uji ketahanan geser *wire* pada angkur
- i. Uji beban *ultimate*

### 3. METODE PENGUJIAN

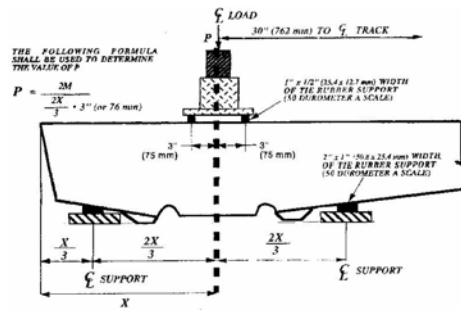
Pengujian bantalan beton dilakukan menggunakan standar uji AREMA (*American Railway Engineering and Maintenance of-Way Association*), Part 4, *Concrete Ties, 1996, article 4.9.1.1.* yang meliputi:

Uji beban berulang dilakukan apabila dalam tahapan uji 1 sampai dengan 6, bantalan tidak mengalami retak, sedangkan jika terjadi retak bantalan dinyatakan gagal.

- a. Uji momen negatif dudukan rel A



Gambar 1 Dimensi Bantalan Beton Tipe S-35/20



Gambar 2 Set Up Uji Momen Negatif Dudukan Rel A

**3.1 Uji Momen Negatif Dudukan Rel A**

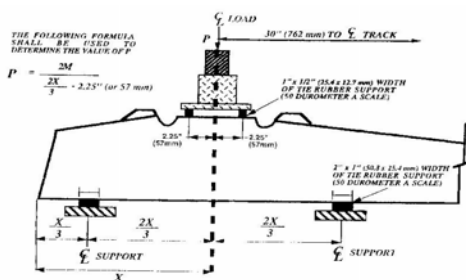
- Bantalan diletakan diatas tumpuan dengan posisi dan jarak seperti ditunjukkan pada Gambar 2.
- Beban dibangkitkan secara bertahap dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga dicapai beban P, kemudian ditahan selama 3 menit.
- Selama beban ditahan dilakukan pengamatan terhadap adanya retak.

$$P = \frac{2M}{\frac{2X}{3} - 76}$$

**3.2 Uji Momen Positif Dudukan Rel A**

- Bantalan diletakan diatas tumpuan dengan posisi dan jarak seperti ditunjukkan pada Gambar 3.
- Beban dibangkitkan secara bertahap dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga dicapai beban P, kemudian ditahan selama 3 menit.
- Selama beban ditahan dilakukan pengamatan terhadap adanya retak struktural.

$$P = \frac{2M}{\frac{2X}{3} - 57}$$

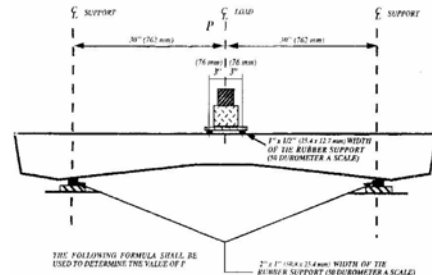


Gambar 3 Set Up Uji Momen Positif Dudukan Rel A

**3.3 Uji Momen Negatif Tengah Bantalan**

- Bantalan diletakan diatas tumpuan dengan posisi dan jarak seperti ditunjukkan pada Gambar 4.
- Beban dibangkitkan secara bertahap dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga dicapai beban P, kemudian ditahan selama 3 menit.
- Selama beban ditahan dilakukan pengamatan terhadap adanya retak struktural.

$$P = \frac{2M}{686}$$

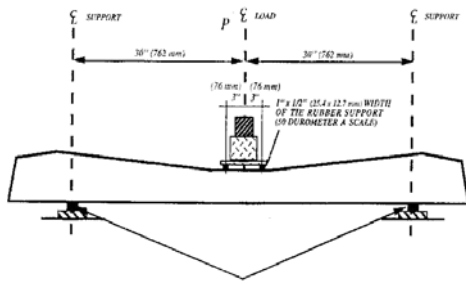


Gambar 4 Set Up Uji Momen Negatif Tengah Bantalan

**3.4 Uji Momen Positif Tengah Bantalan**

- Bantalan diletakan diatas tumpuan dengan posisi dan jarak seperti ditunjukkan pada Gambar 5.
- Beban dibangkitkan secara bertahap dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga dicapai beban P, kemudian ditahan selama 3 menit.
- Selama beban ditahan dilakukan pengamatan terhadap retak struktural yang terjadi.

$$P = \frac{2M}{686}$$



Gambar 5 Set Up Uji Momen Positif Tengah Bantalan

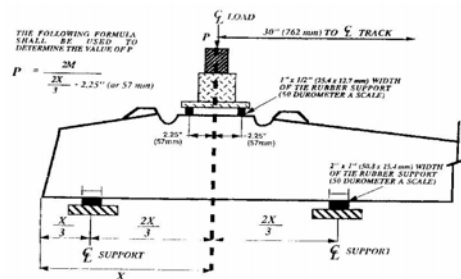
### 3.5 Uji Momen Negatif Dudukan Rel B

Uji momen negatif dudukan rel B dilakukan seperti pada uji momen negatif dudukan rel A.

### 3.6 Uji Momen Positif Dudukan Rel B

Uji momen positif dudukan rel B dilakukan seperti pada uji momen positif dudukan rel A.

### 3.7 Uji Beban Berulang Dudukan Rel B



Gambar 6 Set Up Uji Beban Berulang

- Bantalan diletakan diatas tumpuan dengan posisi dan jarak seperti ditunjukkan pada gambar 6.
- Beban dibangkitkan dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga terjadi retak sampai pada posisi *wire* terbawah.
- Kemudian bantalan diberi beban berulang selama 3 juta siklus dengan beban  $P_{min} = 17,8$  kN &  $P_{max} = 151$  kN, dengan frekuensi 4 Hz.
- Bantalan dinyatakan memenuhi persyaratan jika setelah dibebani selama 3 juta siklus, masih mampu menahan beban.

### 3.8 Uji Geser *Wire* pada Angkur

- Pengujian dilakukan pada dudukan rel A.
- Bantalan diletakan diatas tumpuan seperti pada uji momen positif.

- Pada *wire* bawah bagian sisi luar dari angkur, dipasang *displacement transducer*.
- Beban dibangkitkan secara bertahap dengan laju pembebanan 22 kN/menit hingga mencapai beban 1,5 P.
- Wire* memenuhi persyaratan uji, jika pergeseran *wire* tidak lebih dari 0,025 mm.

### 3.9 Uji Beban Ultimate

- Uji beban *ultimate* dilakukan setelah benda uji dinyatakan memenuhi semua persyaratan uji.
- Bantalan diberi beban sebesar 1,5 P dan ditahan selama 5 menit dan bantalan tidak boleh runtuh/hancur.
- Kemudian bantalan dibebani hingga beban maksimum dicapai sebagai beban *ultimate*.

#### 4. HASIL PENGUJIAN<sup>[6]</sup>

Tabel 1 Hasil Uji Momen Negatif & Positif Dudukan Rel A

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan		
			Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
1	Uji momen negatif dudukan rel A	95,92	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak
2	Uji momen positif dudukan rel A	137,26	Tidak retak	Retak struktural	Tidak retak

Tabel 2 Hasil Uji Momen Negatif & Positif Tengah Bantalan

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan	
			Benda Uji 1	Benda Uji 3
1	Uji momen negatif tengah bantalan.	45,76	Tidak retak	Tidak retak
2	Uji momen positif tengah bantalan.	28,60	Tidak retak	Tidak retak

Tabel 3 Hasil Uji Momen Negatif & Positif Dudukan Rel B

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan	
			Benda Uji 1	Benda Uji 3
1	Uji momen negatif dudukan rel B.	95,92	Tidak retak	Tidak retak
2	Uji momen positif dudukan rel B.	137,26	Tidak retak	Tidak retak

Tabel 4 Hasil Uji Beban Berulang Dudukan Rel B

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan	
			Benda Uji 1	Benda Uji 3
1	Retak inisial pada dudukan rel B	$\pm 224,2$	Retak sampai <i>wire</i> terbawah	Retak sampai <i>wire</i> terbawah
2	Uji beban berulang dudukan rel B.	- 17,80 ( $P_{min}$ ) - 151,0 ( $P_{maks}$ )	Hingga 3 juta siklus benda uji masih mampu menahan beban.	Hingga 3 juta siklus benda uji masih mampu menahan beban.

Tabel 5 Hasil Pengukuran Pergeseran *Wire* pada Angkur

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan	
			Benda Uji 1	Benda Uji 3
1.	Pergeseran <i>wire</i> pada angkur	207	Pergeseran <i>wire</i> tidak lebih dari 0,025 mm.	Pergeseran <i>wire</i> tidak lebih dari 0,025 mm.

Tabel 6 Hasil Uji Beban *Ultimate*

No	Jenis Pengujian	Beban ( kN )	Keterangan	
			Benda Uji 1	Benda Uji 3
1.	Beban <i>ultimate</i>	$\pm 400$	Benda uji patah	Benda uji patah

**5. PEMBAHASAN**

Pada uji momen negatif dudukan rel A, ketiga benda uji (benda uji 1, benda uji 2 dan benda uji 3), masing-masing dibebani dengan beban uji P.

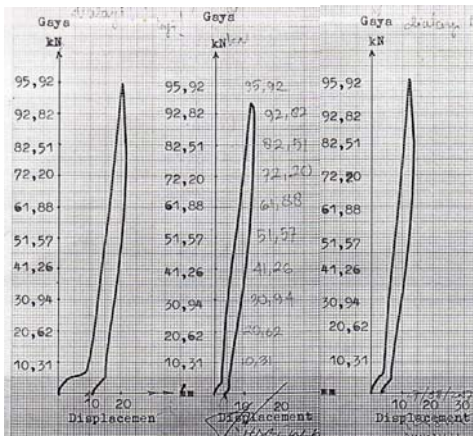
$$P = \frac{2M}{\frac{2X}{3} - 76}$$

Dimana:

M = Momen lentur desain negatif dudukan rel (1100 kg.m).

X = Jarak tepi bantalan ke titik pusat gaya (46,2 cm).

P = 95,92 kN.



Gambar 7 Gaya vs Defleksi Uji Momen Negatif Dudukan Rel A.

Syarat lolos uji pada uji momen negatif dudukan rel adalah tidak terjadi retak struktural pada benda uji ketika benda uji diberi beban uji P. Gambar 7 diatas menunjukkan grafik perilaku aktual gaya-defleksi benda uji pada uji momen negatif dudukan rel. Nampak pada grafik bahwa sampai dengan beban 95,92 kN kurva dari ketiga benda uji masih linier. Hal ini menunjukkan bahwa pada beban tersebut benda uji masih bekerja pada daerah elastis. Dari hasil pengamatan retak, ketiga benda uji tidak mengalami retak, sehingga pengujian dilanjutkan dengan uji momen positif dudukan rel A.

Pada uji momen positif dudukan rel A, benda uji dibebani beban uji P, yang besarnya adalah:

$$P = \frac{2M}{\frac{2X}{3} - 57}$$

Dimana:

M = Momen lentur desain positif dudukan rel. (1700 kg.m).

X = Jarak tepi bantalan ke titik pusat gaya (46,2 cm).

P = 137,26 kN.

Pada uji momen positif dudukan rel A, terjadi retak struktural yang menjalar dari sisi bawah menuju ke kabel prategang terdekat pada benda uji 2. Dengan demikian benda uji 2 dinyatakan gagal, sebab seiring dengan bertambahnya beban lebar dan panjang retak akan bertambah. Pengujian dilanjutkan dengan uji momen negatif tengah bantalan untuk benda uji 1 dan benda uji 3.

Pada uji momen negatif tengah bantalan beban uji P, yang diberikan adalah:

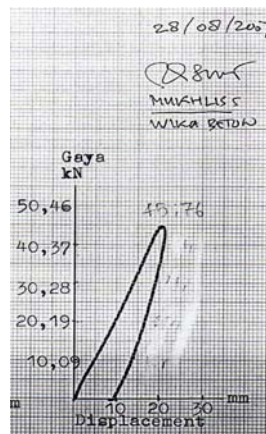
$$P = \frac{2M}{686}$$

Dimana:

M = momen lentur desain negatif tengah bantalan (1500 kg.m).

P = 45,76 kN.

Gambar 8 memperlihatkan perilaku aktual gaya-defleksi pada uji momen negatif tengah bantalan. Disini nampak jelas bahwa hubungan gaya vs defleksi benda uji berkisar pada rasio perbandingan 2:1.



Gambar 8 Gaya vs Defleksi Uji Momen Negatif Tengah Bantalan

Hasil pengamatan pada uji momen negatif tengah bantalan kedua benda uji tidak mengalami retak, sehingga pengujian dilanjutkan dengan uji momen positif tengah bantalan.

Pada uji momen positif tengah bantalan beban uji P yang harus diberikan adalah:

$$P = \frac{2M}{686}$$

Dimana:

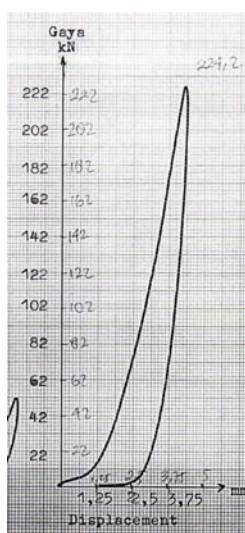
M = Momen lentur desain positif tengah bantalan (1000 kg.m)

P = 28,6 kN

Pada uji momen positif tengah bantalan inipun kedua benda uji tidak mengalami retak.

Pengujian selanjutnya adalah uji momen negatif dudukan rel B. Uji momen negatif dudukan rel B, dilakukan sama seperti pada uji momen negatif dudukan rel A. Hasil pengamatan menyatakan bahwa pada kedua benda uji tidak ada retak.

Seperti pada uji momen negatif dudukan rel B, uji momen positif dudukan rel B dilakukan sama seperti pada uji momen positif dudukan rel A. Oleh karena dari hasil pengamatan kedua benda uji dinyatakan tidak mengalami retak, maka untuk selanjutnya kedua benda uji dilakukan uji beban berulang. Sebelum uji beban berulang dilakukan terlebih dahulu dilakukan pembebanan hingga terjadi retak inisial sampai posisi *wire* terbawah.

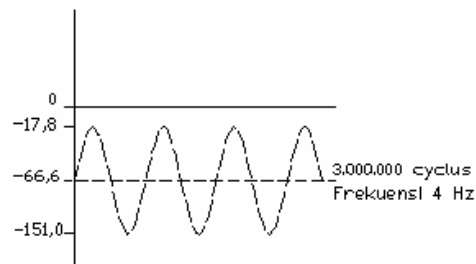


Gambar 9 Beban saat Terjadi Retak Inisial hingga *Wire* Terbawah (Benda Uji 1)

Dari kurva grafik gaya – defleksi tampak bahwa retak inisial terjadi pada beban 224,2 kN lebih besar dari pada beban gandar yang besarnya 20 ton atau setara dengan 196,33 kN.

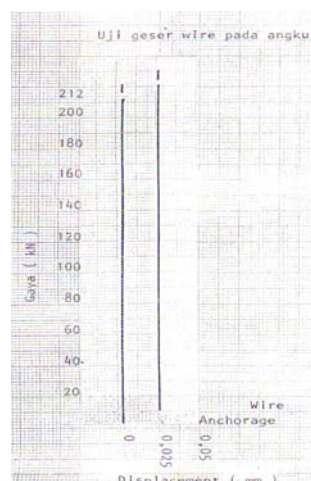
Uji beban berulang dilakukan dengan memberi beban uji P tekan-tekan yang besarnya adalah sebagai berikut:

$P_{\min} = -17,8$  kN dan  $P_{\max} = -150,99$  kN dengan frekuensi sebesar 3 Hz selama 3 juta siklus.



Gambar 10 Siklus Pembebanan Beban Berulang

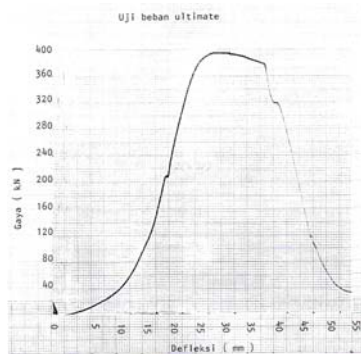
Setelah pengujian berlangsung selama 3 juta siklus, kedua benda uji masih mampu menahan beban, dengan demikian keduanya dinyatakan lolos uji beban berulang.



Gambar 11 Grafik Pengukuran Pergeseran *Wire* pada Angkur

Gambar 11 menggambarkan perilaku aktual pergeseran *wire* pada angkur pada uji geser *wire* pada angkur. Pergeseran yang terjadi tidak lebih dari 0,025 mm.

Beban *ultimate* dilakukan dengan memberi beban maksimum yang mampu ditahan benda uji.



Gambar 12 Kurva Uji  
Beban *Ultimate* (Benda Uji 1)

Dari kurva pengujian Gambar 12 nampak bahwa beban *ultimate* sebesar 400 kN atau setara dengan 40,78 ton. Artinya satu dukungan rel mampu menahan beban sebesar 40,78 ton, sedangkan beban gandar yang direncanakan hanya sebesar 20 ton. Dengan demikian bantalan aman terhadap beban kerja yang direncanakan.

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Benda uji ke 2 dari bantalan rel beton prategang tipe S-35/20 untuk Rel R-54/R-60 tidak memenuhi persyaratan lolos uji, karena terjadi retak struktur pada uji momen positif dukungan rel A.
2. Sedangkan untuk benda uji ke 1 & ke 3 dapat memenuhi persyaratan uji dari semua tahapan pengujian dan secara teknis laik untuk dioperasikan.
3. Dari rasio perbandingan untuk 3 benda uji dengan perbandingan 2:1, maka secara umum bantalan untuk seri produksi ini dapat digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1992, pasal 10 ayat 1,2 dan 3 tentang Perkeretaapian, Departemen Perhubungan.
2. SNI 19-17029. 2000 tentang Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi.
3. W.H Mosley dan J.H Bungey, Perencanaan Beton Bertulang, Penerbit Erlangga, 1996.

4. Spesifikasi Teknis Bantalan Beton Prategang Type S-35 / 20, PT.Wijaya Karya Beton, Jakarta
5. *American Railway Engineering Maintenance-of-Way Assosiation Standard, Part 4, Manual for Railway Engineering*, 1996.
6. *Report of Monoblock Tie Testing*, Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, 2007.

## BIODATA

**Dwi Purwanto**, lahir di Purbalingga 08 Desember 1957. Menamatkan pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Fisika Teknik di Sekolah Tinggi Teknologi Mutu Muhammadiyah tahun 2005. Bekerja di BPP Teknologi sejak tahun 1983 sebagai teknisi pengujian bidang material komponen dan konstruksi di Laboratorium Uji Konstruksi. Saat ini bekerja sebagai peneliti bidang Teknik Struktur di Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur – BPP Teknologi.