

## **RANCANG BANGUN ALAT UJI LENTUR BANTALAN BETON REL KERETA API**

**Tjokro Hadi, Supriyadi, Dianita Ratna Kusumastuti, Warsiti, Sutarno**

Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang, 50275

### **ABSTRAK**

Program Studi Perancangan Jalan dan Jembatan (PJJ) yang berdiri pada tahun 2012. Salah satu mata kuliah yang ada di program studi jalan dan Jembatan adalah mata kuliah Uji bahan bangunan 3, dimana pada mata kuliah ini terdapat mata uji bantalan beton. Bantalan beton yang berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel dan stabilitas kearah luar jalan rel. Dimana pada mata kuliah uji cabut rel bantalan dan dalam implementasi pelaksanaan ujian untuk pemasangan pendrol sudah dilakukan pada tahun 2016, merupakan hasil penelitian yang kami lakukan. Serta situasi dan kondisi peralatan untuk pengujian bantalan beton belum ada, mengakibatkan mahasiswa tidak dapat praktik uji lentur bantalan beton. Untuk itu penelitian dana DIPA kali ini dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji Lentur Bantalan Beton Rel Kereta Api Sebagai Alat Pendukung Uji Praktikum Bahan Bangunan” sangat penting dilakukan dan merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kinerja alat. Hasil akhir dari penelitian ini didasarkan pada kondisi yang telah ada dengan pertimbangan fungsi yang optimal, mudah digunakan. Metode yang dilakukan untuk mencapai keberhasilan penelitian ini antara lain Tahap I Persiapan bahan, alat, tempat serta membuat gambaran rancangan alat, Tahap II Proses Pembuatan, terdiri dari Memotong bahan, Penyambungan, Perakitan dan Setting alat, Tahap III Pengujian, terdiri dari Persiapan uji, Pelaksanaan uji dan pengumpulan data-data, Tahap IV Analisis waktu erection jembatan baja dan membuat kesimpulan, Tahap V Membuat Laporan, terdiri dari Membuat laporan akhir disertai *prototype* alat pemasang (*erection*) jembatan baja metode peluncuran, Pembuatan makalah dan pertanggung jawaban.

**Kata kunci:** Jalan rel, pendrol, bantalan beton rel KA.

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Berdasarkan tuntutan masyarakat maka Politeknik Negeri Semarang khususnya Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2012 membuka program studi baru yaitu program studi D4 Perancangan Jalan dan Jembatan. Program studi ini bekerjasama dengan PT. Kereta Api Indonesia (KAI), dimana perusahaan tersebut satu-satunya yang mengelola transportasi perkereta apian di Indonesia.

Mengingat program studi Perancangan Jalan dan Jembatan adalah program studi vokasi, maka pembelajaran praktikum merupakan keunggulannya. Pada semester lima (5) program studi Perancangan Jalan dan Jembatan dalam silabusnya terdapat mata

kuliah Uji Bahan Bangunan 3 dengan kode mata kuliah 412-121-510, dimana pada mata kuliah ini terdapat uji Lengkung bantalan rel, yaitu menguji kekuatan lentur rel kereta api.

Proses pembelajaran terutama pembelajaran praktek tidak dapat lepas dari kebutuhan alat guna meningkatkan kualitas pembelajaran di Jurusan Teknik Sipil, maka kami bermaksud melengkapi peralatan yang ada di laboratorium Jurusan teknik Sipil. Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang belum memiliki alat uji lentur bantalan rel kereta api, sehingga tidak dijual untuk umum atau bebas dipasarkan secara liris tetapi harus memesan dan harganya pun sangat mahal. Maka dari itu Tim Penelitian bermaksud membuat alat bantu untuk laboratorium Bahan Bangunan guna menunjang kegiatan praktikum.

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian yang diusulkan ini memiliki tujuan untuk mewujudkan alat uji lentur bantalan rel yang siap digunakan untuk kebutuhan praktikum di laboratorium bahan bangunan. Untuk tujuan khususnya adalah: a) Alat utama uji lentur bantalan rel berwujud dan siap digunakan untuk kepentingan praktikum, b) *Design* alat uji lentur bantalan rel memiliki kinerja yang bagus.

Dalam tahap keseluruhan ini memberikan tiga luaran terukur sebagai kontribusi, yaitu: Prototype alat uji lentur bantalan rel, SOP (Standard Operasional Prosedur) atau langkah-langkah dalam mengoperasikan alat dan Publikasi ke jurnal ilmiah dan draft untuk pengajuan HKI.

### **Inovasi**

Penelitian ini merupakan rancang bangun alat uji lentur inovasi terbaru khususnya untuk pengembangan penambahan sebagai alat pendukung uji praktikum laboratorium bahan bangunan di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

### **Urgensi**

Dengan penelitian yang dibuat ini diharapkan urgensi yang dapat terwujud pada hasil akhir penelitian ini yaitu: a) Meningkatkan kualitas pembelajaran di Program Studi D4 Perencanaan Jalan dan Jembatan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, b) Memenuhi kewajiban program studi Perancangan Jalan dan Jembatan untuk

mengajarkan di mata kuliah uji lentur bantalan rel, c) Menambah koleksi alat di laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Pengertian Rel Kereta Api**

Menurut Rosydi (2015) Rel merupakan batang baja *longitudinal* yang berhubungan secara langsung dan memadu serta memberikan tumpuan terhadap pergerakan roda kereta api secara berterusan. Oleh karena itu, rel juga harus memiliki nilai kekakuan tertentu untuk menerima dan mendistribusikan beban dari kereta api dengan baik.

Menurut Hendriyana (2013) Jalan rel kereta api (UK: Railway Tracks, US: Railroad Tracks) atau biasa disebut dengan rel kereta api, merupakan prasarana utama dalam perkeretaapian dan menjadi ciri khas moda transportasi kereta api. Ya, karena rangkaian kereta api hanya dapat melintas di atas jalan yang dibuat secara khusus untuknya, yakni rel kereta api. Rel inilah yang memandu rangkaian kereta api bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain.

Menurut Stejn (2010) Rel biasanya dipasang di atas badan jalan yang dils dengan batu kericak atau dikenal sebagai Balast. Balast berfungsi pada rel kereta untuk meredam getaran dan lenturan rel akibat beratnya kereta .Untuk menyeberangi jembatan, digunakan bantalan kayu yang lebih elastis ketimbang bantalan beton.



Foto 1. Rel kereta api

### **Konstruksi Jalan Rel**

Menurut Hendriyana (2013) Prinsipnya, lapisan landasan (*track foundation*) ini dibuat untuk menjaga kestabilan trek rel saat rangkaian KA lewat. Sehingga trek rel tetap berada pada tempatnya, tidak bergoyang-goyang, tidak ambles ke dalam tanah, serta kuat menahan beban rangkaian KA yang lewat. Selain itu, lapisan landasan juga berfungsi untuk mentransfer beban berat (*axle load*) dari rangkaian KA untuk disebar ke permukaan bumi. Lapisan landasan merupakan lapisan yang harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum membangun trek rel, sehingga posisinya berada di bawah trek rel dan

berfungsi sebagai pondasi. Sebagaimana struktur pondasi pada suatu bangunan, lapisan landasan juga tersusun atas lapisan-lapisan material tanah dan bebatuan, diantaranya Formation Layer, Ballast dan Sub-Ballast.

### ***Formation Layer***

Formation layer merupakan pekerjaan pemadatan tanah sebagai pondasi trek rel KA. *Formation layer* ini dipersiapkan sebagai tempat ditaburkannya lapisan ballast. Lapisan ini berupa campuran tanah, pasir, dan lempung yang diatur tingkat kepadatan dan kelembapan airnya. Pada Negara-negara maju yang lintasan KA-nya sangat padat, ditambahkan lapisan *Geotextile* di bawah *formation layer*. *Geotextile* adalah material semacam kain yang bersifat permeabel yang terbuat dari polipropilena atau polyester yang berguna untuk memperlancar drainase dari atas ke bawah (subgrade ke subsoil), dan sekaligus memperkuat *formation layer*.

### ***Sub-Ballast dan Ballast***

Lapisan ini disebut pula sebagai *Tack Bed*, karena fungsinya sebagai tempat pembaringan trek rel KA. Lapisan Ballast merupakan suatu lapisan berupa batu-batu berukuran kecil yang ditaburkan di bawah trek rel, tepatnya di bawah, samping, dan sekitar bantalan rel (*sleepers*). Bahkan terkadang dijumpai bantalan rel yang “tenggelam” tertutup lapisan ballast, sehingga hanya terlihat batang relnya saja.

### ***Batang Besi Baja (Rel)***

Batang rel terbuat dari besi ataupun baja bertekanan tinggi, dan juga mengandung karbon, mangan, dan silikon. Batang rel khusus dibuat agar dapat menahan beban berat (*axle load*) dari rangkaian KA yang berjalan di atasnya. Inilah komponen yang pertama kalinya menerima transfer berat (*axle load*) dari rangkaian KA yang lewat. Tiap potongan (segmen) batang rel memiliki panjang 20-25 m untuk rel modern, sedangkan untuk rel jadul panjangnya hanya 5-15 m tiap segmen. Batang rel dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan berat batangan per meter panjangnya. Di Indonesia dikenal 4 macam batang rel, yakni R25, R33, R42, dan R54. Misalkan, R25 berarti batang rel ini memiliki berat rata-rata 25 kilogram/meter. Makin besar “R”, makin tebal pula batang rel tersebut.

Perbedaan tipe batang rel mempengaruhi beberapa hal, antara lain (1) besar tekanan maksimum (*axle load*) yang sanggup diterima rel saat KA melintas, dan (2) kecepatan

laju KA yang diijinkan saat melewati rel. Semakin besar “R”, maka makin besar *axle load* yang sanggup diterima oleh rel tersebut, dan KA yang melintas di atasnya dapat melaju pada kecepatan yang tinggi dengan stabil dan aman.

Tipe rel paling besar yang digunakan di Indonesia adalah UIC R54) yang digunakan untuk jalur KA yang lalu lintasnya padat, seperti lintas Jabodetabek dan lintas Trans Jawa. Tak ketinggalan lintas angkutan batubara di Sumsel-Lampung yang memiliki *axle load* paling tinggi di Indonesia.

### **Bantalan Rel**

Menurut Rosydi (2015) Bantalan memiliki beberapa fungsi yang penting, diantaranya menerima beban dari rel dan mendistribusikannya kepada lapisan balas dengan tingkat tekanan (tegangan) menjadi lebih kecil, mempertahankan sistem penambat untuk mengikat rel pada kedudukan dan menahan pergerakan rel arah longitudinal, lateral dan vertikal. Bantalan terbagi menurut bahan konstruksinya, seperti bantalan besi, kayu maupun beton. Perancangan bantalan yang baik sangat diperlukan supaya fungsi bantalan dapat optimal.



Foto 2. Bantalan beton di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil



Foto 3. Frame untuk uji lentur bantalan beton

## Penambat Rel

Fungsinya untuk menambat / mengaitkan batang rel dengan bantalan yang menjadi tumpuan batang rel tersebut, agar (1) batang rel tetap menyatu pada bantalannya, dan (2) menjaga kelebaran trek (*track gauge*). Jenis penambat yang digunakan bergantung kepada jenis bantalan dan tipe batang rel yang digunakan. Ada dua jenis penambat rel, yakni Penambat Kaku dan Penambat elastis. Pada penelitian ini alat pemasang pendrol yang dirancang adalah alat pemasang pendrol jenis E-Cip.



Foto 4. Alat Penambat Rel

## Plat Landas Rel

Fungsi plat landas selain sebagai tempat perletakan batang rel dan juga lubang penambat, juga untuk melindungi permukaan bantalan dari kerusakan karena tindihan batang rel, dan sekaligus untuk mentransfer *axle load* yang diterima dari rel di atasnya ke bantalan yang ada tepat di bawahnya.

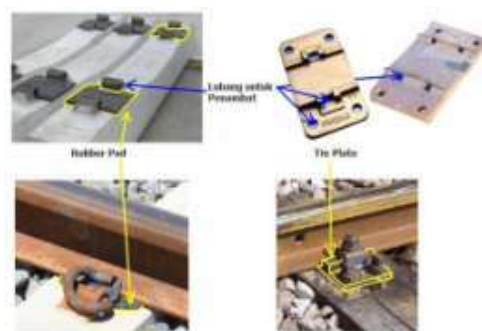


Foto 5. Plat landas rel

## Road Map Penelitian

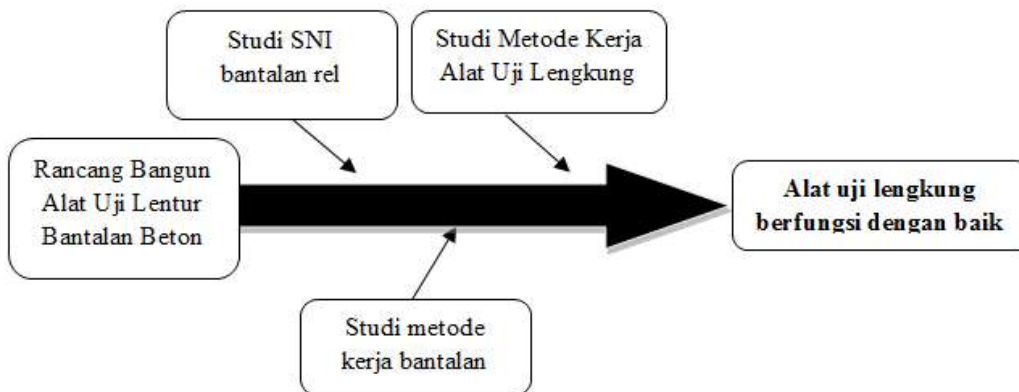
Telah dilaksanakan		Penelitian ini	Penelitian selanjutnya
Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019
Rancang bangun alat uji kuat cepit rel (pendrol)	Rancang bangun alat pasang pendrol	Rancang bangun alat uji lentur bantalan rel	Penyempurnaan jika ada atau usulan HKI/Paten

Gambar 1. Road Map Penelitian

### METODE PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk membuat alat pasang pendrol, dilakukan dengan metode sebagai berikut.

#### Diagram *Fish Bone*

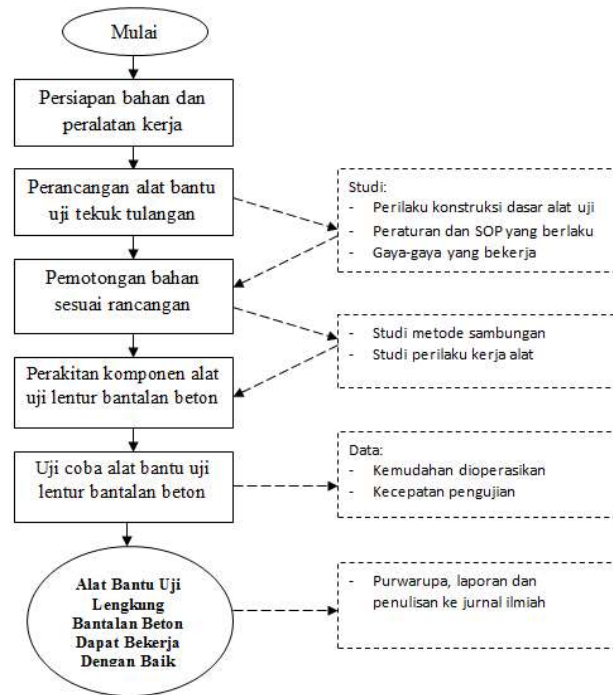


Gambar 2. Diagram *fish bone*

Dari diagram di atas, dapat diketahui yang perlu dilakukan agar tujuan tercapai adalah: a) Mempertimbangkan prinsip kerja alat uji lentur bantalan beton rel kereta api. b) Menentukan metode penambat rel yang sesuai standard SNI. c) Mempertimbangkan desain alat uji lentur bantalan beton rel kereta api. d) Mempertimbangkan metode kerja alat uji lentur bantalan.

**Flowchart**

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan penahapan kegiatan sebagai berikut:



Gambar 3. Flowchart alur pelaksanaan penelitian

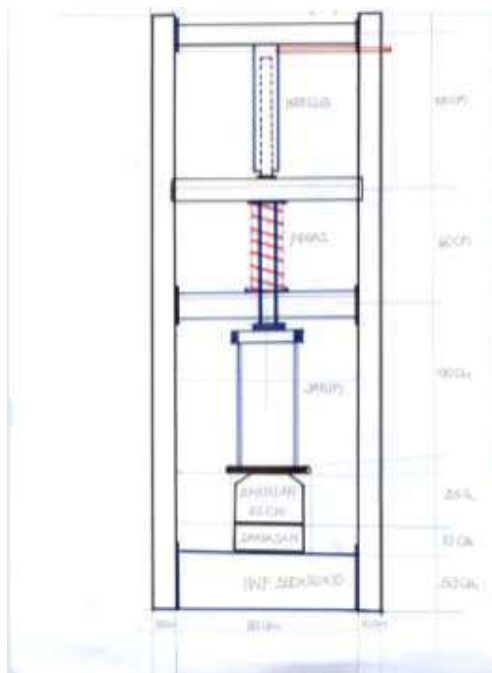
**Kegiatan Yang Dilaksanakan Masing Masing Tahapan**

Tabel 1. Pelaksanaan Kegiatan

No	Jenis kegiatan	Uraian kegiatan
1	Persiapan	a. Menyiapkan tempat, alat, dan bahan b. Membuat desain rancangan alat
2	Perancangan alat uji	a. Membuat gambar kerja alat uji lentur b. Penyiapan alat produksi c. Penyiapan alat bantu produksi
3	Produksi komponen alat	a. Pembagian dan pemotongan bahan b. Penentuan titik-titik lubang untuk las
4	Pembuatan alat	a. Perakitan alat dan bahan b. Pengelasan dan finishing produk alat c. Instal alat
5	Validasi alat	a. Pengujian lentur bantalan rel b. Pengamatan cara kerja alat uji lentur c. Pengumpulan data
6	Kesimpulan	a. Tabulasi data b. Analisis data c. Pembuatan laporan



### **Gambar Rancangan Alat Yang Diusulkan**



Gambar 4. Alat yang diusulkan

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 sampai bulan Nopember 2018, di Bengkel Baja Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang.

### **Bahan**

Bahan yang dipakai untuk pembuatan alat pasang pendrol, baja kanal ukuran (200.100.8), (100.50.5), baja siku 40.40.4, IWF 200, plat tebal 4 mm, dan batang ulir besar.

### **Alat**

Alat yang digunakan antara lain: Tanggeng, Mesin las listrik, Mesin gergaji potong, Alat penggaris dan penitik, Bor baja, Meteran.

### **Pengujian Kuat Lentur bantalan Rel**

Pengujian alat lentur bantalan beton dilakukan dengan langkah sebagai berikut: Sambungkan aliran listrik ke alat, Posisikan bantalan ke alat uji, Pasang micrometer di

posisinya, Pompa dipastikan telah siap, Lakukan pemompaan secara perlahan, Catat berapa beban maksimal yang terjadi.

$$\text{Momen lentur bantalan} = P \times \frac{1}{2} L \text{ (Kgm)}$$

Dimana: P= beban pada perenggangan pendrol 1 mm (Kgf)

### Analisa Data

Data hasil uji laboratorium dalam beberapa waktu yang dibutuhkan dalam memasang pendrol, berapa waktu yang dibutuhkan dalam sekali pengujian dibandingkan dengan kondisi sebelum ada alat uji lentur bantalan beton tersebut.

### BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

Tabel 2. Anggaran Biaya Penelitian

Rekapitulasi		
No	Jenis Pengeluaran	Biaya yang Diusulkan ( Rp)
1	Peralatan penunjang	4.095.000,00
2	Bahan Habis Pakai dan Peralatan	9.150.000,00
3	Perjalanan	1.000.000,00
4	ATK	1.430.000,00
5	Lain-lain	5.900.000,00
	<b>Jumlah</b>	<b>21,575,000,00</b>

Tabel 3. Jadwal pelaksanaan penelitian

No	KEGIATAN	BULAN					
		1	2	3	4	5	6
	<b>PERSIAPAN</b>						
1	Penyiapan Bahan & Alat	■					
2	Pembuatan Gambar Kerja	■	■				
	<b>PRODUKSI</b>						
1	Pemotongan Bahan		■	■			
2	Perangkaian dan pengelasan		■	■	■		
3	Instal Alat			■	■		
	<b>PENGUJIAN</b>						
1	Uji Coba pemasangan pendrol			■	■		
2	Pengumpulan Data			■	■	■	
	<b>PENYELESAIAN</b>						
1	Tabulasi Data					■	
2	Analisis Data						■
3	Seminar						■
4	Makalah Publikasi						■
5	Laporan Hasil Penelitian						■

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Alat Yang Dihasilkan

Alat yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini, yaitu merancang alat uji lentur bantalan beton rel kereta api sebagai alat pendukung uji Praktikum Bahan Bangunan Program Studi Perancangan Jalan dan Jembatan.



Foto 6. Kolom untuk dudukan mesin

Keterangan: Bahan yang digunakan untuk membuat alat penelitian sebagai berikut: a) Baja siku *double C* dengan ketebalan 8mm, panjang 150cm, lebar 50cm. b) Plat baja dengan ketebalan 16 mm. c) Hidrolis dengan kapasitas 25 ton. d) Pegas dari Per Mobil dengan kapasitas 3 ton.

### Pembahasan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan-tahapan, antara lain: Studi pustaka, Persiapan dan pembuatan sampel uji penelitian di laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, Perawatan sampel dan pengujian sesuai SOP, Analisis data dan hasil, Laporan dan pembahasan.

Tabel 4. Pengujian Kuat Lentur

Dial per putaran	Pembebanan kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan dalam ton
0	6	0.425
1	68	4.818
2	84	5.951
3	96	6.801
4	113	8.006
5	125	8.856

6	130	9.210
7	134	9.493
8	136	9.635
9	137	9.706
10	137	9.706
11	137	9.706
12	137	9.706
13	137	9.706
14	137	9.706
15	137	9.706
16	138	9.777
17	138	9.777
18	138	9.777
19	138	9.777
20	139	9.848
21	139	9.848
22	139	9.848

**Catatan:**

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium bahan bangunan jurusan Teknik Sipil, bantalan beton mulai runtuh dan pecah pada pembebanan 139 kg/cm<sup>2</sup> dan tekanan 9.848 ton.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Bantalan Beton

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Uji	Satuan
1	Kuat lentur	Hidrolis	9.848	ton
2	Ukuran	Pengukuran manual	spesifikasi	

**Catatan:**

Dari hasil pengujian bantalan, kuat lentur bantalan tersebut dapat menahan beban maksimal 9.848 ton.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Merancang alat uji lentur bantalan beton rel kereta api sebagai alat pendukung uji praktikum bahan bangunan program studi Perancangan Jalan dan Jembatan harus dilakukan secara detail dan menggunakan bahan yang berkualitas.

2. Alat uji lentur bantalan beton rel kereta api sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kinerja alat-alat sebagai alat pendukung uji praktikum bahan bangunan program studi Perancangan Jalan dan Jembatan.

### **Saran**

Beberapa saran yang dapat berikan berkaitan dengan penelitian sebagai berikut:

1. Alat uji lentur bantalan beton rel kereta api menggunakan bahan dasar baja yang dapat rentan terhadap korosi, karena itu perlu dilakukan perawatan secara berkala dan juga disediakan untuk tempat penyimpanan khusus guna mencegah timbulnya karat yang akan merusak fisik alat cekam modifikasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

\_\_\_\_\_. 2010. Seputar Dunia Rel Kereta. Diambil dari: [http://stejn-simplebutnotsimples.blogspot.co.id/2010/08/seputar-dunia-rel-kereta\\_30.html](http://stejn-simplebutnotsimples.blogspot.co.id/2010/08/seputar-dunia-rel-kereta_30.html). (Diakses pada tanggal 14 Maret 2018).

Hendriyana. 2013. Konstruksi Rel Kereta Api. Diambil dari: <https://hendriyana90.wordpress.com/konstruksi-rel-kereta-api/>. (diakses 13 maret 2018).

<https://www.polines.ac.id/id/index.php/tentang/profil/sejarah>

Rosyidi. 2015. Rekayasa Jalan Kereta Api. Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Utomo, Suryo Hapsoro Tri. 2008. *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.