

Pengaruh Penggunaan Karet Bekas Bergradasi Terhadap Modulus Elastisitas dan Abrasi Lapisan Balas

The Effect of Graded Scrap Rubber on Elasticity Modulus and Abrasion of Ballast Layer

Robby Rahmaan M.Alim, Sri Atmaja P.Rosyidi, Dian Setiawan M

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Penggunaan karet bekas kendaraan sebagai bahan campuran pada lapisan balas merupakan salah satu cara yang digunakan untuk meningkatkan kualitas baik dari segi umur layanan serta mengurangi biaya pemeliharaan dari lapisan balas tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut diharapkan pemanfaatan karet bekas dapat mengurangi permasalahan pada lapisan balas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik dari campuran balas dengan karet bekas melalui beberapa parameter seperti nilai deformasi vertikal, modulus elastisitas, dan abrasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis uji tekan dengan persentase karet sebanyak 10% dari berat total benda uji, sedangkan untuk benda uji yang digunakan terdiri dari balas tanpa modifikasi (sampel 1), balas dengan karet bergradasi (sampel 2), dan balas dengan karet berukuran seragam 3/8" (sampel 3). Hasil menunjukkan bahwa nilai deformasi vertikal terkecil terjadi pada sampel 1 sebesar 5 mm pada beban 413,46 kPa. Selanjutnya nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada sampel 1 sebesar 22,60 MPa. Nilai abrasi yang terkecil terdapat pada sampel 2 sebesar 36,2 gram (0,72%).

Kata-kata kunci : abrasi, balas, deformasi vertikal, modulus elastisitas

Abstract. The scrap rubber could be used as an elastic material in the ballast layer in order to improve the service life and reduce the maintenance costs. The purpose of this study is to examine the characteristics of the ballast layer through several parameters such as vertical deformation, elastic modulus, and abrasion. The compressive test was used as a method in this study with scrap rubber by 10% of the total sample weight. Furthermore, there were three samples, unmodified ballast (sample 1), ballast with graded scrap rubber (sample 2), and ballast with uniformed size scrap rubber (sample 3). The results showed that the sample 1 was able to retain the highest load (413,46 kPa) for the same amount of vertical deformation (5 mm). Furthermore, sample 1 has the highest modulus of elasticity of 22,60 MPa. Besides, the smallest abrasion value was occurred in sample 2 by 36.2 grams (0.72%).

Key words: abrasion, ballast, elastic modulus, vertical deformation

1. Pendahuluan

Balas adalah salah satu komponen penting pada jalan rel. Fungsi utama lapisan balas adalah untuk menyediakan fondasi yang solid dan seragam, serta meneruskan dan mengurangi stress ke tingkat yang dapat diterima oleh *subgrade* (D'Angelo *et al.*, 2016). Pada saat ini banyak penelitian yang mencoba mengurangi dampak kerusakan pada jalan rel untuk mengurangi biaya pemeliharaan jalan rel akibat faktor manusia dan alam. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan jalan rel konvensional yang kualitasnya mendekati teknologi *slab track*, namun biaya yang diperlukan tidak terlalu mahal dengan harapan dapat meningkatkan umur layanan jalan rel (Setiawan, 2013). Karet merupakan salah satu kebutuhan bagi manusia setiap harinya, hal itu dapat dilihat dari

penggunaan barang yang manusia gunakan untuk melaksanakan kegiatannya seperti sandal, sepatu, karet gelang, dan ban kendaraan yang semuanya terbuat dari karet (Karim, 2007). Di Indonesia data mengenai jumlah ban bekas setiap tahun nampaknya belum pernah dilaporkan secara detail (Satyarno, 2006).

Beberapa penelitian pernah dilakukan mengenai pemanfaatan karet bekas sebagai bahan campuran pada lapisan balas guna meningkatkan kualitas balas. Penggunaan *crumb rubber* yang berlebihan pada lapisan balas dapat mengurangi kekakuan dan peningkatan pada penurunan balas, *crumb rubber* dengan persentase 10% merupakan kadar optimal yang didapatkan ketika dicampurkan dengan balas (Thom *et al.*,

2015). Signes *et al.*, (2016), melakukan penelitian karakteristik dari pencampuran bahan karet dan agregat pada balas dengan uji triaxial siklik untuk mendapatkan nilai modulus resilien (Mr). Penambahan material karet dengan ukuran balas yang bervariasi akan dapat membantu meredam getaran yang diakibatkan oleh beban dinamis yang diterima ketika jalan rel dioperasikan (Andera *et al.*, 2012).

Begitu pula penelitian lainnya mengenai penggunaan karet remah sebagai pengganti agregat halus menyebabkan kekuatan beton berkurang, walaupun lebih rendah namun bobot beton masih memenuhi kriteria beton ringan yang sesuai dengan persyaratan kekuatan untuk konstruksi seperti trotoar, penghalang jalan dll (Malek *et al.*, 2008). Elemen elastis merupakan komponen yang dimanfaatkan dalam struktur jalan rel dengan tujuan memberikan sifat elastis (Sanchez *et al.*, 2014). Oleh karena itu, perlu adanya kajian tentang karet bekas mengingat jumlah limbah yang setiap tahunnya meningkat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari penggunaan karet bekas terhadap beberapa parameter seperti nilai deformasi vertikal, modulus elastisitas dan abrasi pada lapisan balas.

2. Landasan Teori

Lapisan Balas

Lapisan balas merupakan lapisan yang berada di atas tanah dasar. Lapisan balas terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta api pada jalan rel, dengan demikian material penyusun lapisan balas harus terpilih (Rosyidi, 2016).

Lapisan balas harus memenuhi beberapa kriteria yaitu ketahanan terhadap gaya dinamis, mampu meredam getaran, dan memiliki elastisitas guna meningkatkan stabilitas struktur serta kemudahan dalam pemeliharaannya (Zakeri dan Mosayebi, 2015).

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM. 60 tahun 2012, mengetahui persyaratan untuk material balas adalah sebagai berikut:

- a. Balas harus terdiri dari batu pecah (25-60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- b. Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- c. Porositas maksimum 3%.
- d. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm².
- e. Berat jenis (*specific gravity*) minimum 2,6.
- f. Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%.
- g. Kandungan minyak maksimum 0,2%.
- h. Keausan balas sesuai dengan hasil pengujian Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Karet

Pembangunan jaringan kereta api melibatkan sejumlah biaya yang tinggi, tidak hanya pada tingkat konsepsi dan desain, tetapi juga selama operasi. Selanjutnya karena banyaknya kereta angkut barang dan kereta api berkecepatan tinggi menyebabkan peralatan lintasan lebih sering rusak yang akhirnya mengancam keselamatan saat berjalan, hal ini berdampak pada biaya yang besar untuk pemeliharaan rel kereta api (Setiawan, 2016).

Karet yang digunakan pada penelitian ini adalah karet bekas kendaraan. Penggunaan karet bekas adalah salah satu upaya mengurangi jumlah limbah dan pencemaran terhadap lingkungan jika tidak diperhatikan dengan benar. Selain itu dengan pemanfaatan karet bekas sebagai bahan campuran balas diharapkan dapat mengurangi biaya pemeliharaan pada jalan rel.

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Struktur Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Bahan

Balas

Balas yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Balas

Karet Bekas Kendaraan

Karet yang digunakan pada penelitian ini adalah karet ban bekas kendaraan yang dipotong menjadi beberapa bagian, yaitu 1", 3/4", 1/2", 3/8", dan No. 4 seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Karet bekas

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini pembuatan benda uji terbagi atas 3 variasi yaitu balas tanpa modifikasi, balas dengan karet bergradasi, balas dengan karet berukuran seragam 3/8". Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- Balas dan karet yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam cetakan benda uji kemudian dicampurkan secara merata seperti pada Gambar 3.
- Benda uji yang telah tercampur tersebut dipadatkan secara bertahap pada setiap layer-nya dengan cara ditumbuk sebanyak 50 kali pada setiap layer-nya, total layer sebanyak 3.
- Benda uji yang telah selesai dipadatkan.
- Proses pembuatan benda uji ini juga berlaku pada benda uji lainnya seperti balas

tanpa modifikasi, balas dengan karet bergradasi, balas dengan karet berukuran seragam 3/8".



Gambar 3 Benda uji yang sudah dipadatkan

Pengujian kuat tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban yang mampu diterima oleh benda uji campuran balas dengan menggunakan alat yaitu *Micro-computer Universal Testing Machine*. seperti yang tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengujian kuat tekan

Adapun parameter yang dihasilkan dari pengujian ini adalah tegangan (σ), dan regangan (ϵ). Hasil output dari tegangan dan regangan ini nantinya akan mendapatkan nilai modulus elastisitas (E) yang diolah dalam bentuk grafik, dimana nilai tersebut menjadi acuan kekakuan dari campuran balas dan karet. Jumlah karet yang digunakan adalah 10% dari berat total benda uji. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

dengan, σ = tegangan (kPa)

ε = regangan (%)

Analisis data

Adapun parameter lain yang dikaji dalam penelitian ini selain modulus elastisitas yaitu nilai deformasi vertikal dan nilai abrasi material balas yang dihasilkan setelah pengujian kuat tekan.

Nilai deformasi vertikal diperoleh dari hasil output dari *stress* (tegangan), dan *elongation* (perubahan panjang) yang diolah dalam bentuk grafik.

Untuk mengetahui nilai abrasi suatu material agregat adalah berdasarkan keausan yang terjadi akibat proses pembebanan vertikal yang diberikan pada benda uji. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kekakuan campuran dan dapat menjadi parameter untuk menentukan tebal dari lapisan balas.

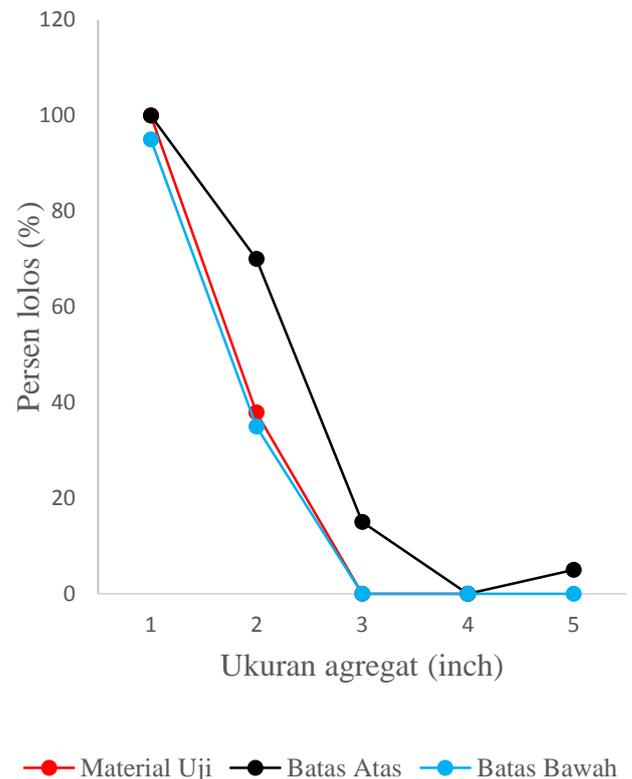
4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Fisik Balas

Pengujian sifat fisik balas dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari bahan yang akan digunakan pada penelitian. Hasil pengujian fisik dapat dilihat pada Tabel 1.

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1.	Berat Jenis		
	Berat Jenis Bulk	2,61	Min 2,6
	Berat Jenis SSD	2,64	Min 2,6
	Berat Jenis Semu	2,68	Min 2,6
	Penyerapan Air	1,0%	Max 3,0%
2.	Keausan	18,42%	Max 25%
3.	Kandungan Lumpur	1,9%	Max 0,5%

Material balas ini juga dilakukan pengujian analisis saringan untuk mengetahui distribusi gradasi dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun karakteristik dari setiap benda uji disajikan pada Tabel 2.



Gambar 5 distribusi gradasi balas

Tabel 2 Karakteristik Campuran

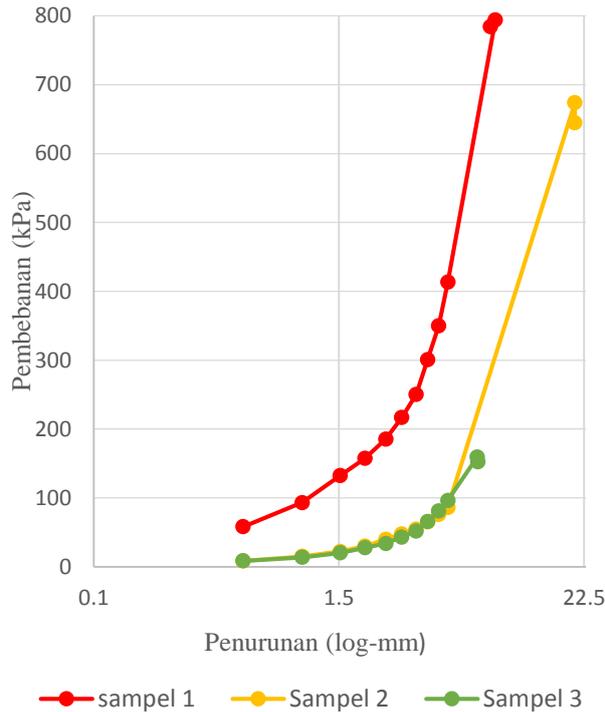
No	Parameter	S.1	S.2	S.3
1	Vol. Karet (%)	-	16,18	16,18
2	Vol. Balas (%)	69,58	62,63	62,63
3	Vol. Pori (%)	30,42	21,19	21,20

Deformasi vertikal

Besar angka penurunan bergantung pada jenis benda uji yang diberikan pembebanan melalui uji tekan. Hasil dari perbandingan antara pembebanan dan penurunan benda uji tersaji pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Tabel 3 Nilai deformasi pada beban maksimal benda uji

Benda Uji	Beban (kPa)	Deformasi (mm)
S.1	413,46	5
S.2	86,18	5
S.3	96,53	5



Gambar 6 Grafik hubungan pembebanan dan penurunan

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai deformasi yang paling besar adalah pada sampel 2 dengan nilai 5 mm pada beban 86,18 kPa pada sampel 1 dengan nilai penurunan 5 mm pada beban 413,46 kPa. Pada sampel 3 nilai penurunan yang diperoleh sebesar 5 mm dengan beban 96,53 kPa. Sifat elastis dari material karet dapat menurunkan tingkat kekakuan dari balas.

Modulus elastisitas

Modulus elastisitas diperoleh dari nilai tegangan dan regangan yang didapatkan setelah pengujian kemudian di olah menjadi grafik hubungan antar tegangan dan regangan. Regangan dan tegangan memiliki hubungan yang mencirikan sifat bahan untuk tingkat pembebanan yang masih dalam batas tertentu (Souisa, 2011). Adapun nilai modulus elastisitas tersebut disajikan pada Tabel 4.

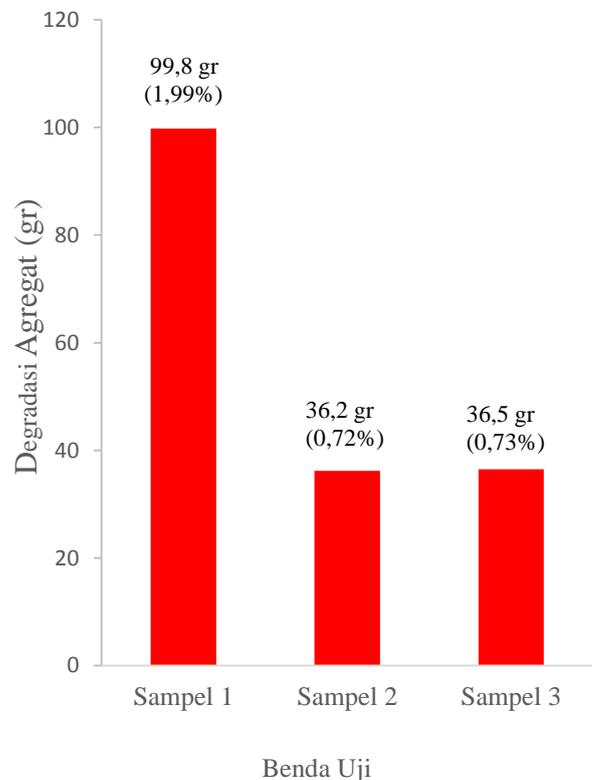
Tabel 4 Nilai modulus elastisitas

Benda uji	Tegangan (kPa)	Regangan (%)	E (MPa)
S.1	744,737	2,81	26,50
S.2	625,182	6,77	9,23
S.3	135,516	2,31	5,87

Nilai tersebut diperoleh dari grafik hubungan tegangan dan regangan dengan bantuan garis trendline. Dari Tabel 4 nilai modulus elastisitas tertinggi adalah pada sampel 1 sebesar 26,50 MPa, hal ini menunjukkan bahwa sampel 1 memiliki kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan sampel 2 sebesar 9,23 MPa dan sampel 3 sebesar 5,87 MPa.

Abrasi material agregat

Sampel yang telah selesai diuji kemudian dianalisis saringan untuk mengetahui nilai sebaran abrasi dari material balas yang pecah/hancu lolos saringan 1/2", 3/8", dan No. 4 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik sebaran nilai abrasi pada lapisan balas

Dari Gambar 7 nilai abrasi yang terendah didapatkan oleh sampel 2 sebesar 36,2 gr (0,72%), sedangkan untuk sampel 3 adalah sebesar 36,5 gr (0,73%) dan untuk sampel 1 sebesar 99,8 gr (1,99%). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan karet bergradasi pada sampel 2 adalah yang paling baik untuk mengurangi butir agregat yang terabrasi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- a. Nilai deformasi vertikal yang paling besar terjadi pada sampel 2 pada beban 86,18 kPa, dibandingkan dengan nilai deformasi vertikal yang terjadi pada sampel 1 dengan beban 413,46 kPa dan sampel 3 adalah 96,53 kPa untuk setiap penurunan 5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan karet dapat menurunkan kekakuan dari lapisan balas.
- b. Terdapat pengaruh pada penggunaan karet bekas terhadap nilai modulus elastis. Nilai modulus elastisitas yang paling tinggi diperoleh oleh sampel 1 yaitu 26,50 MPa dibandingkan dengan nilai yang diperoleh oleh sampel 2 sebesar 9,23 MPa dan sampel 3 sebesar 5,87 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kekakuan pada sampel 2 lebih baik daripada sampel 3.
- c. Nilai abrasi yang terendah didapatkan oleh sampel 2 sebesar 36,2 gr (0,72 %), sedangkan untuk sampel 3 adalah 36,5 gr (0,73 %). Untuk sampel 1 nilai yang diperoleh adalah 99,8 gr (1,99 %). Dari data penelitian ini nilai pada sampel 2 memiliki nilai abrasi yang paling rendah, sehingga penggunaan karet bergradasi adalah yang paling baik untuk mengurangi butir agregat yang terabrasi.

6. Daftar Pustaka

- Batayneh, M. K., Asi, I., dan Marie, I., 2008, Promoting the Use of Crumb Rubber Concrete In Developing Countries. *Waste Management*, 28, 2171-2176.
- D'Andrea, A., Loprencipe, G., dan Xhixha, E., 2012, Vibration Induced by Rail Traffic: Evaluation of Attenuation Properties in a Bituminous Sub-Ballast Layer. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 53, 245-255.
- D'Angelo, G., Thom, N., dan Presti, D. L., 2016, Bitumen Stabilized Ballast: A Potential Solution for Railway Track Bed. *Construction and Building Materials*, 124, 118-126.
- Karim, S., 2007, Analisis Pengaruh Kewirausahaan Korporasi Terhadap Kinerja Perusahaan Pada Pabrik Pengolahan Crumb Rubber di Palembang. *Manajemen & Bisnis Sriwijaya*, 5, 42-78.
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- Rosyidi, S. A. P., 2016, Rekayasa Jalan Kereta Api. Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi & Pengabdian Masyarakat (LP3M).
- Sánchez, M. S., Navaro, F. M., dan Gamez, C. R., 2014, The Use of Deconstructed Tires as Elastic Elements in Railway Tracks. *Materials*, 7, 5903-5919.
- Satyarno, I., 2006, Penggunaan Serutan Karet Ban Bekas Untuk Campuran Beton. *Media Teknik*, 4, 45-51.
- Setiawan, D. M., Munthohar, I., dan Ghataora, G. S., 2013, Conventional and Unconventional Railway Track for Railways on Soft Ground in Indonesia (Case Study: Rantau Prapat - Duri Railways Development). Proceeding of The 16th FSTPT International Symposium, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 1-3 November 2013, 610-620.
- Setiawan, D. M., dan Rosyidi, S. A. P., 2016, Track Quality Index As Track Quality Assessment Indicator. Simposium XIX FSTPT. Universitas Islam Indonesia, 11-13 Oktober, 2-11.
- Signes, C. H., Hernandez, P. M., Roca, J. G., de la Torre, M. E., dan Franco, R. I., 2016, An Evaluation of the Resilient Modulus and Permanent Deformation of Unbound Mixtures of Granular Materials and Rubber Particles from Scrap Tyres to Be Used in Subballast Layers. *Transportation Research Procedia*, 18, 384-391.
- Souisa, M., 2011, Analisis Modulus Elastisitas dan Angka Poisson Bahan dengan Uji Tarik. *Jurnal Berekeng*, 5, 9-14.
- Thom, N., Gamez, M. C. R., Navarro, F. M., dan Airey, G. D., 2015, A Study Into the Use of Crumb Rubber In Railway Ballast. *Construction and Building Materials*, 75, 19-24.

Zakeri, J. A., dan Mosayebi, S. A., 2015,
Study of Ballast Layer Stiffness in
Railway Tracks. *Gradevinar*, 68, 311-
318.