

# Material Hibrid Komposit Nilon-Rami-Epoksi Untuk Roda Lori Inspeksi

Dadang Sanjaya Atmaja<sup>\*)</sup>, Henry Widya Prasetya, Mochammad Gilang Naufal Hamdani  
Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Madiun, Indonesia

<sup>\*)</sup> corresponding author : Dadang Sanjaya Atmaja / dadang@ppi.ac.id

## ABSTRAK

Lori inspeksi sangat berperan dalam kegiatan perawatan prasarana perkeretaapian. Modifikasi teknologi dalam pengembangan lori inspeksi di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun terus berlanjut. Pengembangan roda lori inspeksi menggunakan material komposit dengan menggunakan serat nilon dan serat rami sebagai penguat dan resin epoksi sebagai matriksnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi beban lori inspeksi generasi ketiga yang awalnya menggunakan roda berbahan besi cor nodular. Dalam perancangan roda lori inspeksi berbahan komposit ini harus diperhitungkan dengan baik supaya tidak terjadi anjlok maupun selip saat berjalan dan sesuai dengan syarat utama lori yang mudah untuk diangkat dan dipindahkan. Metode pembuatan roda lori inspeksi berbahan komposit ini menggunakan metode *hand lay-up*. Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah perancangan desain, penentuan bahan dan melakukan uji fungsi. Pengujian sifat mekanik bahan komposit roda lori dengan uji kuat tarik diametral dengan standar spesimen ASTM D695. Dari hasil pengujian kuat tarik diametral yang dilakukan diperoleh spesimen yang memiliki nilai kuat tarik diametral tertinggi yaitu sampel 1B sebesar 76,88 MPa dan kekuatan terendah adalah pada sampel 2B dengan kekuatan tarik sebesar 22,73 MPa. Nilai kuat tarik diametral dipengaruhi oleh jumlah volume serat penguat, jumlah volume matrik pengikat dan beban *press mold* yang diberikan pada saat pencetakan komposit. Uji fungsi pada track lurus, wesel, perlintasan sebidang dan jalur lengkung dapat berjalan dengan lancar tanpa terjadi peristiwa anjlok. Uji kebisingan roda berbahan komposit memiliki tingkat kebisingan lebih rendah dibanding dengan roda lori yang menggunakan besi cor nodular.

*Kata Kunci: hybrid komposit, roda lori, serat nilon, serat rami.*

## ABSTRACT

*Inspection lorry very important role in the maintenance of railway infrastructure. Technological modifications in the development of inspection lorry at the Madiun Indonesian Railways Polytechnic are continuing. Development of inspection lorry wheels using composite materials using nylon fiber and hemp fiber as reinforcement and epoxy resin as the matrix. This research was conducted to reduce the load of the third generation inspection lorry which initially used wheels made of nodular cast iron. In designing the wheels of inspection lorry made from composites, this must be taken into account properly so that they do not drop or skid while walking and comply with the main requirements for lorry that are easy to lift and move. The method of making inspection lorry wheels made of composites uses the hand lay-up method. The initial steps taken in this study were designing, determining materials and conducting functional tests. Testing the mechanical properties of the lorry wheel composite materials by diametral tensile strength test with ASTM D695 standard specimens. From the results of the diametral tensile strength test conducted, it was obtained that the specimen had the highest diametral tensile strength value, namely sample 1B of 76.88 MPa and the lowest strength was sample 2B with a tensile strength of 22.73 MPa. The diametral tensile strength value is influenced by the volume of reinforcing fibers, the volume of the binding matrix and the press mold load given to the molding of the composite. Function tests on straight tracks, points, level crossings and curved tracks can run smoothly without any derailments occurring. Noise test wheels made of composites have a lower noise level compared to lorry wheels using nodular cast iron.*

*Keywords: hybrid composite, lorry wheel, nylon fiber, hemp fiber.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini pembuatan roda telah menggunakan berbagai jenis bahan mulai dari menggunakan logam dan karet. Bahkan sekarang untuk mendapatkan bahan roda yang kuat dan ringan sekaligus berkembang pada era sekarang yaitu dengan bahan material komposit. Menggabungkan dua bahan dengan sifat berbeda agar dapat menutupi kekurangan

satu sama lain yang terdiri dari penguat (*reinforcement*) dan matriks sebagai pengikat *reinforcement*. Salah satu jenis komposit adalah komposit hibrid yang mana tersusun dari dua atau lebih bahan yang berbeda kemudian disusun menjadi lapisan-lapisan lamina. Bahan yang sering digunakan sebagai *reinforcement* adalah serat sintesis nilon dan serat alam rami yang mana keduanya mempunyai keunggulan masing-

masing terutama pada kekuatan dan berat dari bahan yang relatif lebih ringan.

Serat nilon umumnya digunakan sebagai bahan dasar pakaian pengganti dari sutra yang termasuk bahan alami dari kepompong ulat sutra. Nilon kemudian juga dikembangkan untuk bahan penguat komponen transportasi seperti digunakan pada bahan penguat komposit roda pesawat dan pada roda gigi pada mesin yang dimiliki beberapa pabrik industri. Serat nilon adalah serat yang memiliki sifat mekanik, termal dan kimia yang baik (Prasetya, 2022). Sedangkan serat rami merupakan serat alam yang cukup melimpah di Indonesia yang mempunyai karakteristik yang kuat, ringan, tahan terhadap jamur dan mampu menjaga suhu agar tidak terpengaruh oleh suhu lingkungan (Banowati, 2020). Dengan keunggulan masing-masing serat yang terbilang kuat, ringan, tahan korosi, dan ramah lingkungan, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan bahan komposit yang bisa diaplikasikan pada bahan pembuat komponen penggerak pada sarana khusus perkeretaapian yaitu lori inspeksi.

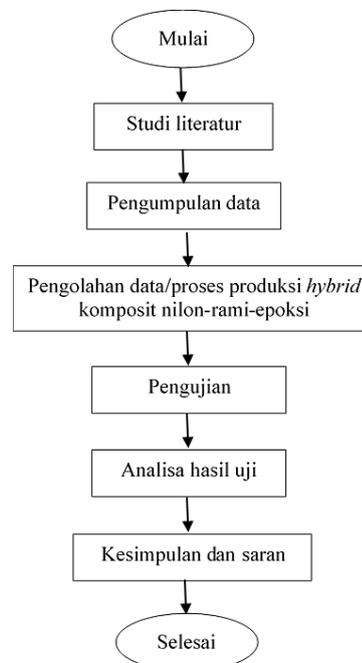
Lori inspeksi merupakan salah satu jenis sarana yang khusus digunakan untuk inspeksi atau perawatan prasarana perkeretaapian. Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun mempunyai dua lori inspeksi yang digunakan untuk sarana belajar. Namun spesifikasi dari salah satu lori inspeksi di kampus Politeknik Perkeretaapian Indonesia yang dikerjakan oleh taruna angkatan empat masih mempunyai berat dan tingkat kebisingan yang relatif cukup besar. Syarat sebuah lori inspeksi adalah ringan. Lori inspeksi PPI ini masih memiliki berat 380 kg, sehingga dalam proses pemindahan lori keluar rel membutuhkan tenaga lebih dari empat orang dan itu dinilai masih kurang fleksibilitas. Nilai kebisingan lori saat beroperasi diatas lintas rel yang tinggi dikhawatirkan menjadi polusi suara yang akan mengganggu operator.

Penelitian ini bertujuan sebagai upaya pembuatan roda lori inspeksi dengan bahan komposit hibrid berbahan dasar serat nilon dan serat rami sebagai penguat serta menggunakan resin epoksi sebagai matriks pengikat yang nantinya diharapkan bisa menjadi bahan alternatif roda lori. Material hibrid komposit ini akan mengurangi beban sarana dan menjadi lebih ramah lingkungan serta menurunkan nilai kebisingan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Selain itu survei di lapangan perlu dilakukan yang bertujuan untuk mengumpulkan data atau informasi teknis, seperti jenis serat alam yang tersedia dan sesuai dengan karakter

material. Dalam pengamatan ini, peneliti mengamati dan mencatat yang terjadi di lapangan untuk mendapatkan data teknis sebagai parameter dalam perancangan roda lori material hibrid komposit. Diagram alir penelitian eksperimental pembuatan roda lori inspeksi dengan material hibrid komposit serat nilon-rami-epoksi dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perancangan Roda Komposit Lori Inspeksi

Dalam pembuatan desain roda lori inspeksi merupakan tahap awal yang harus dilakukan karena mempunyai fungsi sebagai gagasan awal untuk proses pembuatan roda lori nantinya. Salah satu sasaran perancangan roda lori inspeksi adalah roda lori yang ringan dan kuat. Ringan dalam artian perancangan roda lori inspeksi mempunyai beban yang seringan mungkin, dalam hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan fleksibilitas lori inspeksi saat beroperasi karena lori inspeksi merupakan salah satu sarana yang pengoperasiannya dapat dipindahkan ke jalur lain dengan cepat dan mudah, sehingga dengan meringankan beban roda dapat mempermudah perpindahan jalur sarana. Sedangkan dari faktor kuat sendiri dimaksudkan pada kontruksi bahan yang digunakan dalam pembuatan roda lori inspeksi dapat menahan beban maksimal lori inspeksi sehingga lori inspeksi dapat beroperasi dengan lancar dan aman.

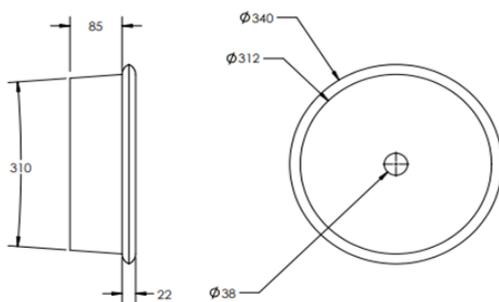
Bahan yang akan digunakan untuk kontruksi roda komposit lori inspeksi menggunakan komposit hibrid

nilon-rami-epoksi. Dengan bahan penguat serat nilon dan serat rami diharapkan roda lori inspeksi dapat lebih ringan dan kuat dari roda lori inspeksi sebelumnya yaitu terbuat dari metal. Proses pembuatannya dilakukan dengan metode *hand lay-up* yang mana merupakan metode pembuatan komposit yang sederhana dan mudah dilakukan. Semua bahan yang dibutuhkan untuk membuat roda dimasukkan satu persatu sesuai urutan kedalam cetakan yang telah dibuat.



Gambar 2. Ilustrasi susunan laminasi roda komposit hibrid nilon-rami-epoxy

Ilustrasi susunan laminasi dari material hibrid komposit nilon-rami-epoksi ditunjukkan pada gambar 2. Desain ukuran roda komposit lori inspeksi ditunjukkan pada Gambar 3 seperti dibawah ini.



Gambar 3. Desain Roda Komposit Lori Inspeksi

Desain roda komposit lori inspeksi dari dua sudut pandang yaitu tampak depan dan tampak samping. Tampak depan menampilkan bagian *flens* roda dengan tinggi 20 mm, diameter luar 350 mm, diameter dalam 330 mm, dan pada diameter as roda 38 mm. Kemudian pada bagian tampak samping memperlihatkan tapak roda dengan ukuran 85 mm dan ketebalan *flens* 19 mm.

### 3.2 Produksi Material Hibrid Komposit Nilon-Rami-Epoksi

Langkah pertama dalam produksi roda komposit lori inspeksi dengan metode *hand lay-up* adalah persiapan alat dan bahan seperti cetakan, rol penekan, gelas ukur, timbangan digital, serat nilon, serat rami, dan *epoxy resin*. Cetakan digunakan sebagai wadah pencampuran bahan komposit dan sebagai wadah pembentuk dimensi roda lori inspeksi. Desain wadah yang akan digunakan diambil dari profil roda lori inspeksi dengan penambahan ukuran dimasing-masing bagian seperti

diameter tapak roda, diameter *flens*, tinggi *flens* dan tinggi tapak.



Gambar 4. Alat dan bahan komposit

*Mold release wax* digunakan untuk melapisi cetakan sebelum bahan-bahan komposit dimasukkan kedalam cetakan fungsinya untuk memudahkan proses pelepasan antara cetakan dengan hasil material komposit yang telah mengering.

Resin epoksi terdiri dari 2 komponen utama yaitu resin dengan *hardener*. Resin epoksi merupakan salah satu jenis matriks yang digunakan sebagai pengikat *reinforcement* dalam komposit. Penggunaan resin epoksi (*Bhispenol A-epichlorohydrin*) dan *hardener* epoksi (*Polyaminoamide*) dengan kandungan resin dan *hardener* 1:1 (Hasanah, 2020).

Serat nilon dengan ukuran mesh 200 disini digunakan sebagai salah satu bahan penguat atau *reinforcement* pada pembuatan komposit roda lori inspeksi. Nilon sendiri mempunyai sifat mekanik yang kuat dibandingkan serat sintesis lainnya.

Serat rami merupakan serat alami yang dinilai cukup kuat dibandingkan dengan serat alam lainnya. Disini serat rami juga digunakan sebagai bahan penguat untuk komposit roda lori inspeksi. Serat rami memiliki salah satu keunggulan sifat yaitu keuletan.



Gambar 5. (a). Serat nilon dengan ukuran mesh 200  
 (b). Serat alam rami

Proses produksi material hibrid komposit untuk roda lori komposit dijelaskan sebagai berikut:

Menyiapkan cetakan dan melapisi cetakan dengan *mold release wax*. Cetakan terbuat dari plat logam yang

tentunya dapat digunakan berulang-ulang, ukuran cetakan akan ditambah sedikit lebih besar karena proses selanjutnya akan dilakukan proses pembubutan agar hasilnya dapat lebih rapi dan sesuai dengan ukuran. Melapisi cetakan dengan *mold release wax* yang mana berfungsi untuk memudahkan dalam proses pelepasan roda dari cetakan. Setelah cetakan dilapisi dengan *mold release wax* secara merata selanjutnya proses pengeringan beberapa saat agar lapisan *mold release wax* mengering.

Proses laminasi susunan serat penguat (serat nilon dan serat rami) merupakan proses yang penting karena pada proses ini dilakukan penuangan resin yang sebelumnya resin dan *hardener* sudah dicampur dan diaduk didalam gelas ukur. Kemudian penyusunan material pada cetakan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Proses laminasi harus dilakukan dengan tepat dan hati-hati untuk mendapatkan karakter material yang baik.



Gambar 6. Penuangan resin dan bahan penguat kedalam cetakan

Proses pelepasan *molding* setelah melewati masa *aging* selama kurang lebih 12 jam pada suhu kamar. Roda siap untuk dikeluarkan dari cetakan dengan cara mendorong bagian bawah cetakan yang telah disiapkan dua lubang untuk tempat baut mendorong keluar roda yang telah mengering dari cetakan.



Gambar 7. Pelepasan *molding*

Proses pembubutan untuk penyesuaian dengan ukuran yang sesuai dengan desain awal. Kemudian juga

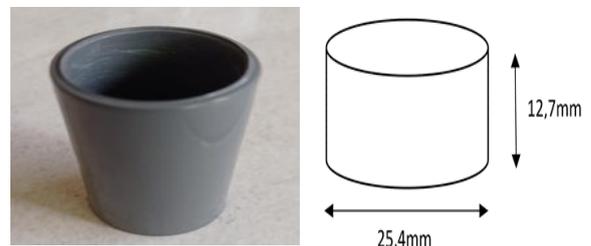
berguna untuk membuat bentuk *flens* roda, ketirusan pada tapak roda lori inspeksi baru sehingga dapat berjalan lancar saat dioperasikan pada lintas rel.



Gambar 8. Pembubutan roda komposit lori inspeksi

### 3.3 Pembuatan Spesimen Uji

Cetakan spesimen uji tarik diametral ini menggunakan standar ASTM D695 yang mana standar ini biasa digunakan untuk pengujian tekan pada material komposit. Cetakan menggunakan bahan PVC dengan ukuran diameter 25,4 mm dan tinggi 12,7 mm.



Gambar 9. Cetakan specimen uji tarik diametral dengan standar ASTM D-695

Untuk mengetahui kekuatan dari roda komposit lori inspeksi dengan serat penguat nilon-rami-epoksi perlu dilakukannya pengujian untuk memperoleh data yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan metode uji kekuatan tarik diametral menggunakan spesimen ASTM D695. Setelah menentukan ukuran cetakan, selanjutnya mencari volume cetakan tersebut untuk menghitung perbandingan fraksi volume antara penguat dengan matriks. Menghitung volume cetakan specimen uji tarik diametral dengan menggunakan persamaan (1).

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times t & (1) \\
 &= 3,14 \times 12,7^2 \times 12,7 \\
 &= 6.431,922 \text{ mm}^3 = 6,431 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Untuk spesimen uji kekuatan tarik diametral menggunakan 9 spesimen yang dibagi menjadi tiga sampel utama berdasarkan fraksi volume penguat (serat nilon-serat alam rami) serta beban *press mold* yang diberikan pada saat pencetakan. Sampel pertama berupa tiga spesimen dengan fraksi volume serat penguat dengan matrik pengikat 40:60 dan beban *press mold* masing-masing 1 kg, 0,5 kg, dan 0,25 kg. Sampel kedua tiga spesimen dengan fraksi volume serat penguat dengan matrik pengikat 50:50 dan beban *press mold* masing-masing 1 kg, 0,5 kg, dan 0,25 kg. Kemudian sampel ketiga, tiga spesimen dengan fraksi volume serat penguat dengan matrik pengikat 60:40 dan beban *press mold* masing-masing 1 kg, 0,5 kg, dan 0,25 kg.

Dengan volume cetakan  $6,431 \text{ cm}^3$  pada fraksi volume serat penguat 40% maka didapatkan pembagian volume serat dan volume matriks seperti berikut:

$$6,431 \times 40\% = 2,57 \text{ cm}^3$$

$$6,431 \times 60\% = 3,85 \text{ cm}^3$$

Maka volume yang digunakan untuk penguat adalah  $2,57 \text{ cm}^3$  dan volume untuk matriks adalah  $3,85 \text{ cm}^3$ . Setelah masing-masing fraksi volume telah diketahui langkah selanjutnya adalah mencari massa dari masing-masing fraksi agar memudahkan dalam penakaran bahan yang digunakan.

Menghitung massa epoksi resin dengan menggunakan persamaan (Setiawan, 2021). Dimana diketahui  $\rho$  epoksi =  $1,13 \text{ gr/cm}^3$  dan volume matriks =  $3,85 \text{ cm}^3$ .

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

$$1,13 = \frac{m}{3,85}$$

$$m = 4,35 \text{ gr}$$

maka dalam fraksi volume dengan matriks 60% membutuhkan epoksi sebanyak 4,35 gr.



Gambar 10. Pencetakan spesimen hibrid komposit dengan metode *hand lay-up* dan metode *press mold* (beban 250gr, 500gr, dan 1Kg)

Setelah spesimen telah dibiarkan mengering selama kurang lebih enam jam dan dirasa sudah mengeras maka berikutnya spesimen dikeluarkan dari cetakan dan kemudian dilakukan pengukuran kembali agar sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 11. Spesimen untuk uji kekuatan tarik diametral

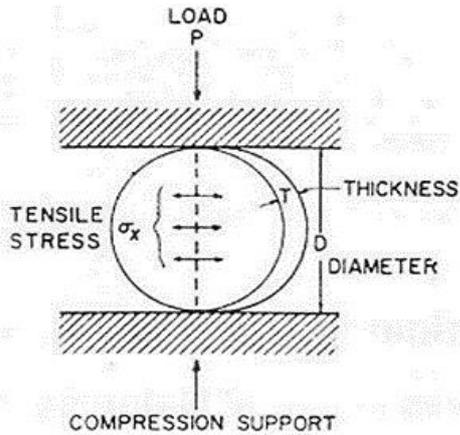
Pada Gambar 11 menunjukkan spesimen uji kuat Tarik diametral dengan standar ASTM D-695. Selanjutnya spesimen dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian kekuatan tarik diametral dengan mesin uji tekan. Dan selanjutnya spesimen akan dinamai sesuai kode yang diberikan agar lebih mudah dalam penyebutan serta menganalisa hasil.

Tabel 1. Tabel kode nama specimen uji

Kode spesimen	Fraksi volume serat (%)	Fraksi volume matrik (%)	Beban <i>press mold</i> (gr)
1A	40	60	250
1B	40	60	500
1C	40	60	1000
2A	50	50	250
2B	50	50	500
2C	50	50	1000
3A	60	40	250
3B	60	40	500
3C	60	40	1000

### 3.4 Pengujian Kuat Tarik Diametral

Pengujian kuat tarik diametral merupakan suatu pengujian material dengan memberikan gaya yang kemudian menyebabkan material tersebut memanjang atau meregang sebelum akhirnya pecah (Insyirohiyah, 2020). Pengujian kuat tarik diametral ini biasa menggunakan *universal testing machine*. Sampel yang akan diuji diletakkan secara vertikal atau diletakkan pada sisi memanjang antara *plate* pada mesin uji. Beban gaya secara vertikal akan diberikan oleh *plate* terhadap spesimen berbentuk silindris. Kemudian akan menghasilkan suatu *tensile stress* yang tegak lurus dengan *vertical plane*.



Gambar 12. Skema ilustrasi pada uji kuat diametral (Insyirohiyah, 2020)

Setelah dilakukan pengujian kuat diametral, hasil data yang didapatkan diolah dengan melakukan penghitungan kekuatan tarik diametral dengan persamaan (3) dibawah ini:

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot T} \quad (3)$$

Dimana  $\sigma_x$  adalah kekuatan tarik diametral (MPa), P adalah tekanan max (N), d adalah diameter sampel (mm), t adalah ketebalan sampel (mm) dan  $\pi$  adalah konstanta phi (3,14).



Gambar 13. Pengujian kekuatan tarik diametral

Salah satu contoh data hasil uji tarik diametral dengan mesin uji tekan yang dilakukan di laboratorium Politeknik Negeri Malang sebagai berikut: pada hasil uji spesimen dengan fraksi volume serat penguat 40% dengan pemberat *press mold* 250gr, P = 27.238,4 Kgf, D = 25,4mm, T = 12,7mm, kekuatan tarik diametral adalah:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{2P}{\pi DT} \\ &= \frac{2 \times 27.766}{3,14 \times 25,4 \times 12,7} = 53,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Menghitung Regangan dari data hasil pengujian dengan persamaan (4) sebagai berikut:

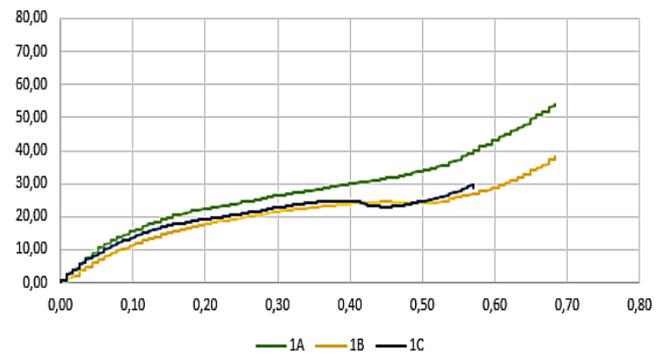
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{17,35}{25,4} \\ &= 0,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai modulus elastisitas dengan persamaan (5) sebagai berikut:

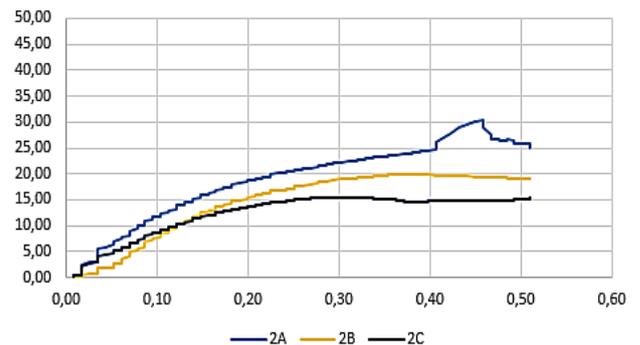
$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (5) \\ &= \frac{53,8}{0,68} = 79,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang dilakukan di atas diperoleh grafik tegangan-regangan yang dijelaskan pada Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16 dibawah ini.



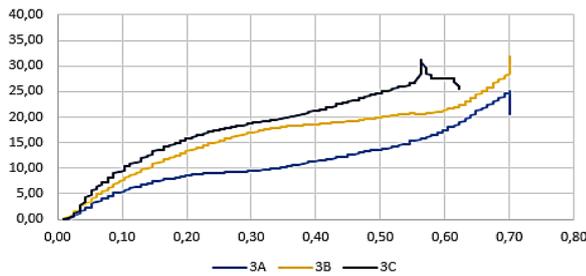
Gambar 14. Grafik tegangan-regangan pada sampel 1

Pada Gambar 14. Menunjukkan grafik tegangan regangan pada specimen dengan kode 1A, 1B dan 1C. tegangan kuat tarik diametral dan regangan dari pertambahan panjang saat pengujian di mesin *universal testing*.



Gambar 15. Grafik tegangan-regangan pada sampel 2

Pada Gambar 15. Menunjukkan grafik tegangan regangan pada specimen dengan kode 2A, 2B dan 2C. tegangan kuat tarik diametral dan regangan dari pertambahan panjang saat pengujian di mesin *universal testing*.



Gambar 16. Grafik tegangan-regangan pada sampel 3

Pada Gambar 16. Menunjukkan grafik tegangan regangan pada specimen dengan kode 3A, 3B dan 3C. tegangan kuat tarik diametral dan regangan dari pertambahan panjang saat pengujian di mesin *universal testing*. Dari perhitungan dan hasil grafik tegangan-regangan yang dilakukan di atas diperoleh hasil data seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Tabel hasil pengujian kekuatan tarik diametral pada spesimen

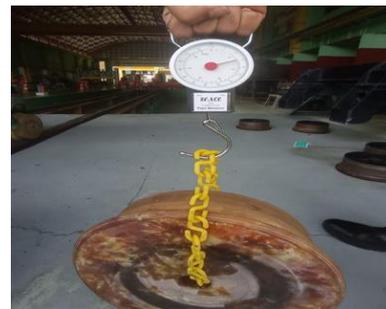
Kode Spesimen	Tekanan Max. (Kgf)	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
1A	27.238,4	53,8	79,11
1B	38.200,1	75,4	95,44
1C	14.889,6	29,4	49,00
2A	15.340,8	30,3	67,33
2B	11.295,2	22,3	39,82
2C	21.740,9	43,0	54,43
3A	12.668,6	25,0	35,71
3B	17.106,6	33,8	49,70
3C	15.825,5	31,2	66,38

Maka dari hasil perhitungan pada tabel diatas dapat diketahui bahwa kuat tarik dengan kekuatan paling besar adalah pada Sampel 1B dengan kekuatan tarik diametral sebesar 75,4 MPa dan kekuatan terendah adalah pada Sampel 2B dengan kekuatan tarik sebesar 22,3 MPa. Hal ini membuktikan bahwa fraksi volume akan mempengaruhi sifat mekanik kemampuan bahan (Setiawan, 2021) dan pembuatan resin komposit yang kurang homogen akan mempengaruhi kekuatan Tarik diametral komposit yang dihasilkan (Hasratiningsih, 2015).

### 3.5 Penimbangan berat roda komposit lori

Penimbangan roda komposit lori menggunakan timbangan analog. Roda lori inspeksi berbahan besi cor

nodular mempunyai berat hingga 18 kg, sedangkan roda lori inspeksi berbahan hibrid komposit serat nilon-serat rami-resin epoksi mempunyai berat 7 kg. Hal ini menunjukkan penurunan berat sebesar 11 kg pada berat roda lori inspeksi yang juga merupakan tujuan dilakukannya penelitian ini. Perubahan berat ini tentunya sangat berguna untuk mengurangi berat sarana agar lebih mudah dipindahkan saat operasi dari yang semula mempunyai berat kosong mencapai 380 kg sekarang menurun menjadi 336 kg.



Gambar 17. Penimbangan roda komposit lori

### 3.6 Pengujian Fungsi Roda Komposit Lori di Jalur Rel

Setelah roda selesai dibuat dan dibubut sehingga sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan pengujian fungsi pada jalur rel yang mana pengujian ini dilakukan di jalur rel kampus PPI Madiun. Dikarenakan pada saat roda berjalan di rel, roda mengalami gerak ke kiri dan ke kanan seperti gerakan pada ular maka dari itu gerakan ini dinamakan *snake motion*. Selain mampu untuk menahan berat sarana roda yang telah dirancang harus mampu untuk berjalan di rel lengkung, bergesekan dengan rel gongsol, mampu melewati wesel, dan melewati lintasan sebidang.

Pengujian pada jalur lurus bertujuan untuk mengetahui kesesuaian profil roda komposit dengan rel sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti anjlokkan. Di jalur PPI Madiun lebar sepur atau jarak antar rel yang dilalui roda terpanjang adalah 1071 mm sedangkan lebar sepur terpendek adalah 1065 mm.



Gambar 18. Uji fungsi pada lintas rel lurus

Pengujian pada jalur lengkung dilakukan dengan terlebih dahulu mengumpulkan data lebar sepur yang akan dilewati roda lori komposit. Hasil dari data yang diperoleh adalah lebar terpanjang sepur pada jalur lengkung adalah 1087 mm kemudian jarak rel dengan rel paksa terpanjang adalah 85 mm dan terpendek 75 mm.



Gambar 19. Uji fungsi pada lintas rel lengkung dan rel gongsol

Pengujian melewati wesel dimaksudkan untuk mengetahui apakah *flens* roda menyetuh atau bertabrakan dengan permukaan jarum wesel atau tidak, serta untuk mengetahui *flens* roda mampu untuk menentukan roda yang mengikuti rel.



Gambar 20. Uji fungsi pada wesel

Pengujian melewati lintasan sebidang dimaksudkan untuk memastikan keadaan *flens* roda tidak menyentuh permukaan tanah atau menggesek dengan aspal jalan. Jarak permukaan tanah dengan rel atas saat belum dikeruk adalah 17mm sedangkan saat sudah dikeruk jaraknya berubah menjadi 35mm. kemudian jarak rel dengan aspal adalah sebesar 40 mm sedangkan lebar flens pada roda lori adalah 22 mm maka dengan mencocokkan dari data tersebut maka roda lori inspeksi berbahan dasar komposit hibrid nilon-rami-epoksi dapat berjalan pada lintasan sebidang.



Gambar 21. Uji fungsi pada perlintasan sebidang

### 3.7 Pengujian Tingkat Kebisingan

Diketahui nilai kebisingan pada roda lori metal monoblok mempunyai nilai rata-rata seperti pada tabel dibawah yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai kebisingan roda lori komposit. Nilai rata-rata yang diperoleh pada pengujian kebisingan roda lori komposit dihitung menggunakan metode sederhana yang mana pengukuran dilakukan setiap lima detik sekali selama 10 menit dengan data yang dikumpulkan berjumlah 120 data (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.15, 1996).



Gambar 22. Pengukuran tingkat kebisingan lori inspeksi saat beroperasi dengan roda hibrid komposit

Tabel 3. Hasil pengukuran tingkat kebisingan roda lori metal dengan roda lori komposit

Kecepatan (km/jam)	Nilai kebisingan dengan roda metal (dBA)	Nilai kebisingan dengan roda komposit (dBA)
5	81,1	71,86
10	86,6	84,87
15	91,8	91,00

Uji kebisingan dilakukan pada waktu pagi hari untuk menghindari terjadinya pantulan bunyi yang dapat mengganggu bunyi yang diinginkan (Safitri, 2021). Dari data hasil uji tingkat kebisingan diatas dapat diketahui bahwa tingkat kebisingan pada roda lori komposit mempunyai penurunan nilai yang berbeda-

beda pada setiap kecepatan. Salah satu penyebab kebisingan karena diakibatkan oleh kondisi jalan rel yang kurang merata dari sambungan las sehingga terdapat suara benturan roda terhadap rel dan pengaruh kondisi lori sendiri seperti *cover body*.

#### 4. KESIMPULAN

Dari aspek berat roda lori inspeksi berbahan komposit nilon-rami-epoksi mempunyai berat yang lebih ringan yaitu 7 kg, sedangkan roda lori berbahan dasar besi cor nodular mempunyai berat 18Kg. Nilai kebisingan roda lori inspeksi berbahan komposit nilon-rami-epoksi dapat lebih rendah sebesar 71,86 dBA dibandingkan dengan roda lori berbahan besi cor nodular sebesar 81,1 dBA. Pada pengujian kuat tarik diametral menunjukkan kekuatan terbesar pada sampel 1B yaitu 76,88 MPa dengan perbandingan 40% serat penguat dan 60% matrik dengan beban *press mold* seberat 500 gr. Pada pengujian lintas roda lori inspeksi berbahan komposit nilon-rami-epoksi dapat berjalan dengan lancar saat melewati jalur lurus, jalur lengkung, wesel, dan lintasan sebidang.

#### DAFTAR PUSTAKA

Atmaja, D. S., dan Prasetya, H. W. (2020). Prototipe Lori Inspeksi Elektrik Bertenaga Surya (Lori Ppi E-2000 Generasi 3). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 4(2), 105–113.

Bale, J. S., Bunganaen, W., & Almet, O. L. (2016). Analisa Kekuatan Tarik Komposit *Nylon-Polyester* dengan Variasi Fraksi Volume Serat. *LONTAR Jurnal Teknik* 03(01), 43–46.

Banowati, L., Hartopo, H., Octariyus, G., & Suprihanto, J. (2020). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Rami/Epoksi Dan Hibrid Rami E-Glass/Epoksi. *Indept*, 9(1), 80–89.

Hasanah, U., dan Muslimin (2020). Pengaruh Tekanan *Compression Moulding* Terhadap Kinerja Pelat Bipolar Komposit Grafit/Resin Epoksi Komposisi 20% Karbon Tempurung Kelapa. *Jurnal Mekanik Terapan*, Vol. 01, No. 01, 71-80.

Hasratiningsih, Z., Karlina, E., & Primasari, V. S. (2015). Analisis Kekuatan Tarik Diametral Resin Komposit Olahan Sendiri Dengan Filler Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Air Tawar. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, Vol. 4 (1), 15-19.

Insyirohiyah, Y. (2020). Kekuatan Tarik Diametral Resin *Modified Glass Ionomer Cements* Setelah Ditambah Hidroksiapatit 2%, 5% Dan 8% Berat dari Sisik Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*), Universitas Sumatera Utara.

Prasetya, H. W., Atmaja, D. S., & Perwira D. A. (2022). Material Komposit Laminasi Serat Karbon-Nylon Dengan *Additive Aluminum Powder* Untuk Body Lori. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, Vol. 13, No. 2, 30-37.

Safitri, I., Lumbantoruan, P., & Setiawan A. A. (2021). Pembuatan Komposit Sebagai Bahan Peredam Bunyi. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya*, Vol. 2, No. 2, 66-75.

Sari, H. S. (2018). *Material Teknik*. Deepublish. Yogyakarta.

Sari, N. H., & Sinarep. (2011). Analisa Kekuatan Bending Komposit *Epoxy* Dengan Penguatan Serat Nilon. *Dinamika Teknik Mesin*, 1(1).

Setiawan, A., Daryono, & Prihantoro T. (2021). Pengaruh Sifat Mekanik dari Fraksi Volume Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Turbo*, Vol. 10, No. 2.

Surakim, H., (2014). *Konstruksi Jalan Rel Dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api*. Nuansa Cendekia. Bandung.