

PENGARUH *HARDNESS POLYURETHANE* DAN *NATURAL RUBBER* TERHADAP DAYA REKAT PADA BAN TANPA UDARA

Assyifa Annas¹⁾, Lalu Saefullah²⁾, Muhammad Iman Hidayat³⁾

Politeknik Angkatan Darat

Jalan Anggrek, Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur

Jurusan Teknik Mesin Prodi D4 Teknik Otoranpur Poltekad Kodiklatad

Kelompok Dosen Poltekad Jurusan Teknik Mesin

E - mail : assyifaannas@gmail.com, lalusaefullah@gmail.com,
muhammadimanhidayat@gmail.com

HARDNESS POLYURETHANE AND NATURAL RUBBER EFFECT ON ADHESIVENESS OF AIRLESS TIRES

Abstract: *Airless tires are the best innovation for military tactical vehicles in carrying out the Army's main tasks for military tactical even peace support operations and war military operations. However, in its development there are still imperfections in the results, its fabrications in the adhesion between polyurethane and natural rubber. Therefore, the researchers aimed to develop the adhesion between polyurethane and natural rubber. In this research, a quantitative experimental method was used, namely by varying the hardness of natural rubber and polyurethane to determine the right hardness for airless tires for maximum adhesion. The problem that occurs is that the adhesive glue with the tire tread is problematic, resulting in a tire tread condition without air being released. In carrying out the research, a function test was carried out with a planned weight of 4,500 Kg. Based on the results of the tests that carried out, the correct result was obtained, namely the elongation at break of the most appropriate type of polyurethane L100, which was 9.287 MPa. In order to achieve the goal, namely the appropriate level of elasticity between polyurethane and natural rubber so as to be able to glue the spokes and tire treads, in the end the wheel rotation will rotate according to the desired elasticity.*

Keywords: *airless tires, polyurethane, natural rubber, and elasticity.*

Abstrak: Ban tanpa udara merupakan inovasi terbaik untuk kendaraan taktis militer dalam melaksanakan tugas pokok Angkatan Darat untuk operasi taktis militer selain perang dan operasi militer perang. Namun dalam pengembangannya masih terdapat ketidaksempurnaan hasil, hal tersebut terletak pada daya rekat antara *polyurethane* dan *natural rubber*. Oleh karena itu peneliti bertujuan untuk mengembangkan daya rekat antara *polyurethane* dan *natural rubber*. Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen kuantitatif, yakni dengan mevariasikan *hardness* pada *natural rubber* dan *polyurethane* agar dapat menentukan besar *hardness* yang tepat untuk ban tanpa udara agar daya rekatnya maksimal. Permasalahan yang terjadi disebabkan lem perekat dengan karet tapak ban bermasalah sehingga mengakibatkan kondisi tapak ban tanpa udara terlepas. Dalam pelaksanaan penelitian dilakukan uji fungsi dengan berat yang direncanakan yaitu 4.500 Kg. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka diperoleh hasil yang tepat yakni perpanjangan putus dari type *polyurethane* L100 yang paling tepat yaitu sebesar 9,287 MPa. Agar tujuan tercapai yaitu tingkat keelastisitasan yang sesuai antara *polyurethane* dan *natural rubber* sehingga mampu merekatkan spoke dan tapak ban, pada akhirnya putaran roda akan berputar sesuai dengan keelastisitasan yang diinginkan.

Kata kunci: Ban tanpa udara, *polyurethane*, *natural rubber*, dan elastisitas.

PENDAHULUAN

Ban yang tidak menggunakan tekanan udara dan menggunakan polimer sebagai pengganti udara unit tunggal untuk menggantikan ban pneumatic, roda, dan ban dikenal sebagai ban tanpa udara. Ban tanpa udara ini menggantikan semua komponen ban radial tradisional dan terdiri dari hub padat yang terhubung ke pita geser dengan jari-jari *polyurethane* fleksibel, serta pita tapak, yang semuanya bekerja bersama sebagai unit. Struktur ban tanpa udara sangat khas, menampilkan banyak rongga. Konstruksi ini memiliki berbagai tujuan, termasuk bertindak sebagai penyangga dan peredam, mirip dengan jari-jari pelek. Dapat disimpulkan jika dalam keadaan berperang dan ban terkena peluru dapat mengakibatkan ban bocor dan tidak bisa berjalan secara optimal. Oleh sebab itu, maka ban tanpa udara ini sangat berguna dan dapat digunakan dalam berbagai situasi untuk membantu tugas pokok TNI AD.

Ban tanpa udara saat ini mengalami masalah daya rekat pada jari-jari, kemungkinan karena lem perekat dengan karet tapak ban bermasalah sehingga mengakibatkan kondisi tapak saat ini terlepas. Sehingga saat ini perlu merencanakan efek memvariasikan unsur kimia pada *polyurethane* dan *natural rubber* terhadap *hardness* dari bahan tapak dan *spoke* pada ban tanpa udara.

Adapun tujuan dari peneliti untuk membuat ban tanpa udara yaitu untuk memaksimalkan dari peneliti sebelumnya yang mana pada penelitian pertama masih ada kekurangan yang terjadi pada perekatan ban tanpa udara. Oleh sebab itu, maka peneliti akan memaksimalkan penelitian tersebut dengan memvariasikan unsur kimia yang terdapat pada *polyurethane* dan *natural rubber* yang diharapkan dapat membuat ban tanpa udara tersebut dapat lebih rekat dan tahan lama.

Karet juga dikenal sebagai elastomer, merupakan polimer yang memiliki kemampuan untuk meregang dan kembali ke

kondisi semula dengan cepat. Mayoritas dari karet memiliki struktur jaringan, elastomer termoplastik mengacu pada berbagai elastomer yang telah dibuat.

Polimer adalah molekul besar yang terdiri dari beberapa molekul kecil yang terikat secara kovalen satu sama lain. Polimer dapat dibuat secara alami atau sintesis dari komponen anorganik atau organik. Massa molekul, kekuatan antar molekul, struktur polimer, dan fleksibilitas molekul polimer adalah semua faktor yang mempengaruhi karakteristik polimer.



Gambar 1. Bahan-bahan Polimer.

METODE PENELITIAN

Teknik yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah hasil dari proses percobaan laboratorium dan bahan uji dan pengujian fungsi dimulai dengan berat yang direncanakan adalah 4500 kg dengan *polyurethane* dan bahan penguat lainnya yang digunakan untuk jari-jari.

Perencanaan dimensi dan desain bentuk ban tanpa udara dirancang agar sesuai dengan bentuk dan ukuran roda. System ini di rancang dengan memanfaatkan komponen umum dan mempertimbangkan aspek teoritis serta praktik dan perencanaan system dari bekerja nya ban tanpa udara.

Analisa pengaruh beban maksimum dari senjata ke kendaraan terhadap kekuatan bahan/material yang digunakan sebelum proses pembuatan ban tanpa udara/model. Uji kekerasan, tarik, impact, dan uji struktural adalah beberapa bahan yang diuji. Evaluasi bahan tujuan dari penelitian ini adalah untuk

mengetahui fitur dari *flexible spokes* yang telah diproduksi.

Dalam melaksanakan pengujian, sudah di siapkan 5 sampel dari kompon *natural rubber* dengan variasi *hardness* 70,75, 80, 85, dan 90. Begitu juga dengan *polyurethane* sudah di siapkan dengan 3 jenis



Gambar 1. Kompon NR



Gambar 2. *Polyurethane*.

Adapun untuk perencanaan pengujian pada sampel tersebut yaitu dengan melihat dari bahan sampel ban tanpa udara, dilengkapi dengan instrument penelitian seperti variabel yang digunakan demi kelancaran penelitian.

Variabel bebas ini dikatakan bebas karena, berdasarkan penelitian terlebih dahulu bahwa jenis *polyurethane* dan *natural*

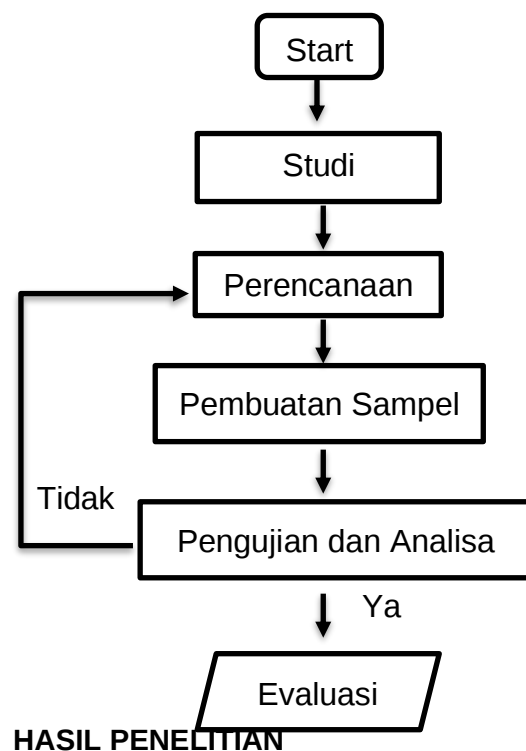
rubber yang umumnya digunakan pada ban tanpa udara adalah :

- a) *Polyurethane* L42.
- b) *Polyurethane* L100.
- c) *Polyurethane* L135.
- d) *Natural Rubber Hardness* 87.
- e) *Natural Rubber Hardness* 90.
- f) *Natural Rubber Hardness* 81.
- g) *Natural Rubber Hardness* 86.
- h) *Natural Rubber Hardness* 78.

Variabel terikat yaitu variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Adapun variabel terikat yang digunakan adalah :

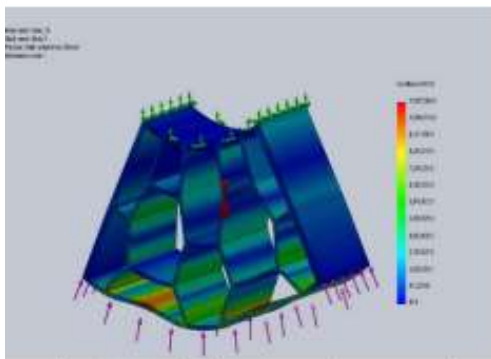
- a) Nilai dari *Yield Strength*.
- b) Nilai dari *Tensile Strength*.
- c) Nilai dari *Elongation at Break*.

Diagram alir penelitian.



Desain dilakukan selama proses perencanaan awal menggunakan teknik simulasi untuk menilai pengaruh desain heksagonal dan bahan *polyurethane* yang digunakan pada jari-jari roda terhadap daya dukung beban penuh kendaraan.

Hasil pengujian tegangan desain ban tanpa udara tegangan terbesar ditunjukkan dimana bagian luar roda menggunakan *software solidwork* menunjukkan daerah yang terkena beban maksimal ditunjukkan dengan daerah yang berwarna merah.



Gambar 3. Hasil Uji Tegangan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan ban/velg tapak karet antara lain campuran karet alam jenis sheet, N 330, ZnO, STA, Arpus, 6PPD, dan bahan lainnya.

Penelitian ini akan berkonsentrasi pada parameter bahan dengan tiga variasi bahan yang berbeda yaitu dengan *Polyurethane* L42, *Polyurethane* L100, dan *Polyurethane* L135.

Tabel 1. Sifat Material Ban Tanpa Udara.

Part	Parameter	Density (kg/m ³)	Young Modulus (MPa)	Poisson Ratio	Allowable stress (MPa)
Spoke	<i>Polyurethane</i> L42	1070	2.8	4.9	20.7
	<i>Polyurethane</i> L100	1100	7.6	4.9	31
	<i>Polyurethane</i> L135	1210	32	4.9	62

Tabel 2 menunjukkan nilai respon (defleksi dan tegangan total) yang bervariasi (bahan, ketebalan, dan sudut belah ketupat). Selain itu, data input-output tersebut akan dimanfaatkan sebagai data input untuk jaringan syaraf tiruan yang akan digunakan

sebagai alat prediksi. Selanjutnya algoritma genetik menggunakan prediksi BPNN untuk menentukan nilai desain ban tanpa udara terbaik.

Tabel 2. Parameter Input Variasi *Airless Tyre*

Parameter inputs			responses	
Material	Thickness (mm)	Rhombic angle (degree)	Deflection (mm)	Total stress (MPa)
<i>Polyurethane</i> L42	2/3/4	135/120/100	10.937/7.4294/7.1893	12.907/13.169/13.005
<i>Polyurethane</i> L42	2/3/4	135/120/100	17.451/11.991/8.352	11.134/11.489/12.1
<i>Polyurethane</i> L42	2/3/4	135/120/100	26.812/19.14/13.862	9.2048/9.6597/10.489
<i>Polyurethane</i> L100	2/3/4	135/120/100	4.91/3.2635/3.1831	13.14/13.33/13.104
<i>Polyurethane</i> L100	2/3/4	135/120/100	7.8465/5.2338/3.6743	11.329/11.64/12.211
<i>Polyurethane</i> L100	2/3/4	135/120/100	12.107/8.5191/6.1208	9.3065/9.7897/10.631
<i>Polyurethane</i> L135	2/3/4	135/120/100	1.449/0.9768/0.9922	13.287/13.469/13.215
<i>Polyurethane</i> L135	2/3/4	135/120/100	2.4129/1.6015/1.0745	11.678/12.106/12.386
<i>Polyurethane</i> L135	2/3/4	135/120/100	3.6824/2.5008/1.7767	9.5104/10.152/10.957

PEMBAHASAN

Uji kekerasan bahan ini dilakukan untuk mengetahui variasi yang sesuai dengan beban kendaraan. Dapat diamati dari hasil uji kekerasan pada campuran karet dan aditif bahwa nilai kekerasan pada *shore A* lebih tinggi pada sampel dua hasil. Jika dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata pada sampel komponen gabungan lainnya, nilai rata-ratanya adalah 90. Contoh kedua inilah yang digunakan untuk membuat tapak roda.

Tabel 3. Data Uji *Hardness* Karet Rata-rata.

N O	Pengujian	Kekerasan (<i>Shore A</i>)				
		1	2	3	4	5
1	Pengujian ke 1	87	90	81	86	78
2	Pengujian ke 2	87	90	82	86	78
3	Pengujian ke 3	88	90	81	87	78
4	Pengujian ke 4	87	91	81	86	79
5	Pengujian ke 5	88	90	82	86	78
Rata-rata		87	90	81	86	78

Nilai perpanjangan putus dari dua bahan sampel paling banyak adalah 260% dari bahan asli, sesuai dengan data uji rata-rata perpanjangan putus semua bahan. setelah pengujian putus dilakukan sebanyak lima kali, rata-rata dari kelima pengujian tersebut dihitung. Akibatnya, tegangan putus dan perpanjangan putus masing-masing material memiliki nilai. Jika dibandingkan

dengan komponen lain pada sampel, sampel dua menghasilkan tegangan putus paling besar.

Tabel 4. Hasil Uji Fisik Karet.

Pengujian	Bahan					Std karet cetuk
	1	2	3	4	5	
Hardness, Shore A	87	90	81	86	78	80
Tensile strength, N/mm ²	15.4	17.5	14.7	14.2	13.6	16
Elongation at break, %	230	260	245	225	230	250

Dua faktor menentukan desain ban tanpa udara terbaik yaitu: Nilai defleksi maksimum dan tegangan keseluruhan yang paling sedikit. Akibatnya, untuk menghindari kompleksitas optimasi multi tujuan, parameter digunakan untuk menggabungkan menjadi satu output respons. Berikut adalah rumus komposit desirability.

$$D = d_1^{w_1} + d_2^{w_2}$$

Dimana d_1 dan d_2 menandakan kurangnya reaksi oksigen yaitu defleksi dan tegangan total. Bobot tanggapan keluaran parameter w , di mana $w_1 = 0,5$ dan $w_2 = 0,5$. Nilai d_1 dan d_2 kemudian dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$d_1 = \begin{cases} 0 & y_i < L_i \\ \left(\frac{U_i - y_i}{U_i - L_i} \right)^w & L_i \leq y_i \leq T_i \\ 1 & y_i \geq T_i \end{cases}$$

$$d_2 = \begin{cases} 1 & y_i < L_i \\ \left(\frac{T_i - y_i}{T_i - L_i} \right)^w & L_i \leq y_i \leq T_i \\ 0 & y_i \geq T_i \end{cases}$$

Selain itu, *mean square error* digunakan sebagai kriteria untuk memilih desain BPNN yang optimal untuk tiga bahan berbeda yaitu *polyurethane* L42, *polyurethane* L100, dan *polyurethane* L135. Nilai epoch maksimum ditetapkan sebesar 10.000 epoch dan akan digunakan sebagai parameter di BPNN untuk mengakhiri iterasi. Tabel 4 juga menunjukkan desain BPNN terbaik untuk tiga material berbeda dan dua reaksi berbeda (defleksi dan tegangan total).

Tabel 5. Parameter Optimal Untuk Tiga Bahan Berbeda *Polyurethane*.

Material	Deflection				Total Stress			
	Hidden layer	Neuron	Activation function	MSE	Hidden layer	Neuron	Activation Function	MSE
Polyurethane L42	4	9	Logsig	0.034889	5	5	Satlin	0.005589
Polyurethane L100	5	8	Satlin	0.013998	1	9	Satlin	0.002871
Polyurethane L135	3	3	Logsig	0.000315	1	9	logsig	0.00062

Uji fisik *polyurethane*, dari data rata-rata pengujian perpanjangan putus dari semua jenis type *polyurethane*, dapat dinyatakan bahwa nilai perpanjangan putus dari type *polyurethane* L100 yang paling bagus yaitu sebesar 9,287 MPa.

Uji Tarik, pada pengujian tarik ini dapat dihitung kuat tarik (*tensile strength*), yaitu tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai putus. Selain itu, dapat juga dihitung tenaga yang dibutuhkan untuk menarik vulkanisat sampai perpanjangan tertentu (modulus) dan kemampuan vulkanisat meregang apabila ditarik sampai putus yang biasa disebut perpanjangan putus (*elongation at break*).

Perhitungan kuat tarik :

$$TS = \frac{F}{A}$$

Dimana :

TS : Nilai kuat tarik, N/mm^2 atau kg/cm^2 atau MPa.

F : Beban yang dicapai pada saat contoh uji putus N atau kg.

A : Luas penampang awal contoh uji mm^2 atau cm^2 .

PENUTUP

Berdasarkan komposisi yang sesuai antara *polyurethane* dan *natural rubber* maka didapatkan keelastisitasan *spoke* dan tapak akan semakin rekat tahan lama berdasarkan dengan hasil *polyurethane* jenis L100 dengan ketebalan *spoke* 4 mm dan hasil defleksi 5,842 mm. Serta dengan hasil pengujian pada kompon *natural rubber* meliputi *hardness* dari kompon *natural rubber* tersebut yaitu sebesar 90, *tensile strength* 17,5 N/mm^2 , *elongation at break* 260%. Namun komposisi ini belum dilakukan pengujian terhadap jalan yang ekstrem. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk di buat dengan bahan-bahan yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendro Wibowo, Farid (dkk). (2018). Rancang Bangun Roda Tanpa Udara (*Airless Tyre*) Untuk Beban Maksimal Kendaraan 40.000 N. Diakses pada 25 September 2021, dari Poltekad Kodiklatad.
- [2] Regunadhan, Arunima (dkk). (2017).

Polyurethane: Structure, Properties, Synthesis, Characterization, and Applications. Diakses 27 September 2021, dari Mahatma Gandhi University.

- [3] Sigit Pramono, Agus (dkk). (2019). *Optimization in Airless Tires Design Using Backpropagation Neural Network (BPNN) and Genetic Algoritm (GA) Approaches*. Diakses 20 September 2021, dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [4] Kuchewicz, Michal (dkk). (2017). *Airless Tire Conceptions Modeling and Simulations*. Diakses 12 September 2021, dari *Military University of Technology*.
- [5] Minnath, Mehar A (dkk). (2017). *Blend and Interpenetrating Polymer Networks Based on Polyurethane Polymers With Natural and Synthetic Rubbers (Chapter 2)*. India: University of Calicut, Kerala India.