



Thermal Engineering of Conventional Heating Tools for Manual Tire Patching: Energy, Heat, and Operational Safety Studies.

Rizki Ilmianih^{1*}, Arief Muliawan²

¹Universitas Tadulako

² Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang

*Corresponding Address: rizkiilmianih02@gmail.com

Info Artikel

Riwayat artikel

Dikirim: 05 Juni 2025

Direvisi : 10 Juni 2025

Diterima: 11 Juni 2025

Kata Kunci:

Rekayasa Termal
Alat Pemanas
Penambalan Ban
Efisiensi Energi

DOI:

10.24252/jpf.v13i1.57571

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji perancangan dan analisis termal dari alat pemanas berbasis bensin yang difungsikan sebagai media pemanas dalam proses penambalan ban secara manual. Prinsip kerja alat ini adalah menghasilkan panas melalui pembakaran bensin untuk mengikat material tambalan dengan permukaan ban secara optimal. Studi ini bertujuan untuk menilai efisiensi panas, konsumsi energi, serta aspek keamanan dan kelestarian lingkungan dari sistem pemanas tersebut. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada pelaku usaha bengkel tambal ban di lingkungan masyarakat lokal. Berdasarkan hasil pengujian, alat ini mampu mencapai suhu kerja antara 244°C hingga 289°C, dengan waktu pemanasan yang relatif singkat, yaitu sekitar 2 hingga 3 menit per siklus. Selain memberikan efisiensi waktu, alat ini juga hemat energi, hanya memerlukan sekitar 1 liter bensin untuk beberapa kali penggunaan. Uji performa menunjukkan bahwa alat ini menghasilkan emisi yang rendah, sehingga lebih ramah lingkungan dibanding metode konvensional yang umum digunakan. Dengan biaya produksi yang terjangkau dan konstruksi yang sederhana, alat ini dapat menjadi solusi alternatif yang efektif dan aplikatif bagi pelaku usaha kecil di bidang jasa penambalan ban.

ABSTRACT

This research examines the design and thermal analysis of a gasoline-based heating device that functions as a heating medium in the manual tire patching process. The working principle of this device is to generate heat through gasoline combustion to optimally bond the patch material with the tire surface. This study aims to assess the heat efficiency, energy consumption, and safety and environmental sustainability aspects of the heating system. Data collection was conducted through direct observation of tire patch workshop businesses in the local community. Based on the test results, the tool is able to reach working temperatures between 244°C and 289°C, with a relatively short heating time of about 2 to 3 minutes per cycle. In addition to providing time efficiency, it is also energy-efficient, requiring only about 1 liter of gasoline for multiple uses. Performance tests show that it produces low emissions, making it more

environmentally friendly than the conventional methods commonly used. With affordable production costs and simple construction, this tool can be an effective and applicable alternative solution for small businesses in the field of tire patching services.

© 2025 The Author(s). Published by Department of Physics Education. Alauddin State Islamic University Makassar

PENDAHULUAN

Proses penambalan ban manual masih banyak mengandalkan alat pemanas konvensional yang bekerja dengan prinsip perpindahan kalor. Namun, alat ini sering dirancang tanpa memperhatikan efisiensi energi, distribusi panas yang merata, dan standar keselamatan kerja. Akibatnya, muncul berbagai masalah seperti boros energi, hasil tambalan kurang optimal, serta risiko kecelakaan seperti luka bakar dan korsleting listrik. Dimana untuk keselamatan kerja itu sendiri sudah tertuang dalam UU No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Undang-undang ini merupakan dasar hukum utama yang mengatur keselamatan kerja di Indonesia, termasuk kewajiban perusahaan dan pekerja dalam menerapkan K3. Konsep ini mirip dengan penerapan prinsip keselamatan kerja, di mana seringkali ada keputusan untuk tidak langsung mengganti suatu komponen yang rusak, tetapi melakukan perbaikan sementara dengan biaya yang lebih rendah. Saat ban dalam sepeda motor bocor, tidak semua pengendara langsung menggantinya dengan ban baru karena ban dalam tersebut masih dianggap layak pakai. Dari segi ekonomi, biaya penambalan ban jauh lebih murah dibandingkan membeli ban dalam baru, sehingga banyak pengendara memilih untuk menambal ban di bengkel terdekat.

Namun, saat ini bengkel tambal ban pinggir jalan masih menggunakan alat manual dengan pemanas konvensional yang menggunakan api dari pembakaran bahan bakar seperti bensin. Alat ini menghasilkan panas dan tekanan yang tidak stabil, sehingga proses penambalan memakan waktu lama dan harus terus dipantau agar ban tidak meleleh akibat panas berlebih. Kondisi ini menyebabkan lem karet ban tidak menempel dengan kuat, sehingga tambalan mudah lepas dan ban kembali bocor. Oleh karena itu, metode penambalan manual ini dinilai kurang efektif dan menyulitkan para tukang tambal ban.

Beberapa penelitian terkait distribusi panas dan efisiensi penambalan ban telah dilakukan oleh [1] Melakukan perawatan motor secara berkala dan menyeluruh sangat dianjurkan, agar motor selalu dalam kondisi prima dan memiliki performa yang dapat diandalkan setiap saat, serta nyaman saat dikendarai. Terlebih motor yang digunakan memiliki jam terbang yang tinggi, apalagi dalam penggunaan harian harus menghadapi karakter jalan stop and go. Jangan sampai saat digunakan untuk harian mesin motor performanya tidak optimal atau ada komponen yang sudah aus atau habis masa pakainya sehingga harus diganti.

Menurut [2] hasil pengembangan desain alat penambal ban berbasis listrik, dirancang agar ekonomis dan praktis untuk digunakan sebagai usaha kecil. Penggunaan pemanas listrik menggantikan api, sehingga lebih aman bagi masyarakat. Selain itu, desain ini menunjukkan bahwa kemajuan teknologi masih berperan penting

dalam mendorong inovasi produk yang layak dan dapat dipertanggungjawabkan, terutama di sektor industri rumahan yang didorong oleh pemerintah untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk.

Menurut [3] dalam otomotif, hubungan antara suhu ban dan daya cengkram jalan penting untuk meningkatkan kinerja, terutama dalam motorsport dan sepeda motor. Ban harus beroperasi pada suhu yang memungkinkan senyawa viskoelastik memberikan interaksi optimal dengan jalan. Pengetahuan mendalam tentang fenomena termodinamika ini sangat penting bagi produsen ban dan desainer kendaraan. Model fisik berbasis persamaan termodinamika Fourier dalam domain tiga dimensi, yang memperhitungkan sumber panas seperti gesekan dan efek pendinginan akibat konveksi udara. Model ini menjelaskan pertukaran panas dan pengelolaan posisi tapak kontak, yang membutuhkan struktur ban inovatif. Pendekatan ini memerlukan parameterisasi yang tepat melalui eksperimen dan identifikasi non-destruktif. Keunikan model ini adalah kemampuannya untuk dijalankan secara waktu nyata, berguna untuk ko-simulasi dinamika kendaraan dan optimasi kinerja.

Ban sepeda motor berperan penting dalam keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi bahan bakar. Kebocoran ban, yang bisa disebabkan oleh berbagai faktor, sering mengancam keselamatan pengendara. Pengusaha tambal ban, dengan bantuan aplikasi berbasis IoT dan alat yang terintegrasi dengan Programmable Logic Control (PLC), dapat lebih efisien dalam menambal ban dan mengurangi waktu perbaikan [4].

Kendaraan bermotor memerlukan perawatan ban yang sering masih menggunakan metode tambal konvensional dengan panas tidak stabil dan proses lama, sehingga tambalan kurang kuat [5]. Penelitian mengembangkan alat tambal ban otomatis dengan sensor suhu *thermocouple* yang mengatur pemanasan hingga suhu optimal 85 °C (elemen) dan 80 °C (sensor) selama 6 menit, dengan data dikirim ke Android via NodeMCU ESP8266. Konsumsi listrik alat ini sebesar Rp3.620.

Dalam Penelitian lainnya [6] diungkapkan bahwa adanya waktu pemanasan terbaik untuk tambal ban dalam sepeda motor agar daya rekat dan ketahanan terhadap tekanan optimal. Pengujian menunjukkan pemanasan selama 15 menit menghasilkan ikatan kuat antara tambalan dan lem. Pemanasan berlebihan menyebabkan penipisan ban dan cacat saat tekanan diterapkan. Lem yang digunakan terbuat dari karet alam, mendukung ikatan yang baik dengan ban dalam. Hasil ini menegaskan pentingnya mengatur waktu pemanasan secara tepat untuk menjaga kekuatan dan kualitas tambalan.

Dengan pendekatan rekayasa termal, performa alat dapat ditingkatkan melalui analisis konsumsi energi, efisiensi perpindahan kalor, dan sistem pengaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan merekayasa alat pemanas konvensional agar lebih efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan pelaku usaha bengkel kecil. Kajian ini penting untuk mendorong penerapan teknologi tepat guna yang hemat energi dan berkelanjutan.

Dari penelitian-penelitian ini dan survei dilapangan masih banyak UMKM menggunakan metode konvensional seperti setrika dan spiritus bahkan menggunakan

siswa sebagai alat dan bahan untuk melakukan penambalan hal ini menimbulkan permasalahan seperti polusi asap dari pembakaran karet dan pemanfaatan energi yang besar, serta konsumsi waktu yang lama. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sehingga pada Penelitian ini mengembangkan alat pemanas berbahan bakar bensin dengan sistem tekanan terkontrol sebagai alternatif metode lama, sekaligus meningkatkan keamanan operasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa (engineering experiment) dengan tujuan untuk merancang dan menguji kinerja alat pemanas berbahan bakar bensin sebagai alternatif alat pemanas konvensional pada proses penambalan ban manual.

Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan (applied research) yang bertujuan menghasilkan produk rekayasa berupa alat pemanas. Pendekatan yang digunakan adalah kualitatif-deskriptif pada tahap perancangan dan kuantitatif pada tahap pengujian kinerja alat dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

Langkah-langkah Penelitian



Penelitian ini berfokus pada perbandingan dua metode tambalan, yaitu alat baru dan metode konvensional, sebagai variabel bebas (independen). Kedua metode tersebut dianalisis untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam menghasilkan tambalan yang berkualitas. Kualitas hasil tambalan menjadi variabel terikat (dependen), yang dibagi menjadi dua kategori, yakni baik atau tidak baik. Efisiensi setiap metode juga diukur berdasarkan waktu kerja, konsumsi bahan bakar, dan kualitas tambalan, yang digunakan untuk menilai keunggulan masing-masing metode dalam hal efisiensi. Untuk memastikan perbandingan yang tepat, beberapa variabel kontrol diperlukan, seperti suhu ($^{\circ}\text{C}$) yang dapat mempengaruhi hasil tambalan, serta waktu pemanasan (menit) yang juga berperan dalam efektivitas proses. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode mana yang lebih unggul dalam menghasilkan tambalan yang berkualitas dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas mengenai modifikasi tabung APAR untuk menampung bahan bakar bensin yang kemudian dialihfungsikan sebagai pemanas (heater) pada proses penambalan ban. Tingkat keamanan dari tabung yang dimodifikasi ini dievaluasi berdasarkan spesifikasi tabung, desain tekanan, serta campuran udara yang disalurkan oleh kompresor. Selain itu, penelitian ini juga mengeksplorasi aspek perpindahan energi dan kalor yang terlibat dalam proses pemanasan selama penambalan ban, yang merupakan faktor kunci dalam keberhasilan metode ini. Tabung APAR 12kg yang Dimodifikasi, spesifikasi tabung APAR 2kg yang digunakan dalam modifikasi ini adalah sebagai berikut:

- Tinggi Tabung: 345 mm
- Diameter Tabung: 84 mm
- Temperatur Kerja: -20°C hingga 60°C
- Tekanan Dalam Tabung: 15 Bar
- Tekanan Uji: 25 Bar
- Berat Total: 2,3 kg

Perhitungan pada bagian kepala dan shell tabung dilakukan untuk menentukan tingkat keamanan sebelum modifikasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tabung ini masih aman untuk digunakan setelah dimodifikasi dengan desain tekanan yang telah dihitung. Perhitungan Kepala Tabung: setelah perhitungan, didapatkan ketebalan minimum setelah pembentukan sebesar $t = 1,34$ *Minimum thickness after forming* $t = 4,34$ *Nominal thickness provided*. Sedangkan untuk Perhitungan Shell Tabung: Setelah perhitungan, didapatkan ketebalan minimum sebesar $t = 7,33$ *Minimum thickness after forming*, $t = 4,33$ *Nominal thickness provided*. Maka dari perhitungan bagian pada tabung apar di atas bisa disimpulkan bahwa penggunaan tabung apar yang akan dimodifikasi masih memiliki tingkat keamanan pada tekanan yang sudah di desain dalam perhitungan tersebut yang dianggap cukup aman untuk penggunaan tabung yang dimodifikasi. Desain pemanas (heater) dengan penjelasan terperinci tentang tahap perancangan yang telah dilakukan, yaitu tabung dibor dan dipasang keran angin dengan pengelasan untuk memungkinkan pengisian bensin. Tabung diisi dengan bensin, kemudian tekanan udara diaplikasikan melalui kompresor. Tekanan dalam tabung diatur dan dipantau selama proses pengujian. Sehingga selama uji coba menghasilkan:

Uji Coba dan Hasil

Tabel 1. menunjukkan hasil percobaan penambalan ban dengan menggunakan tabung yang telah dimodifikasi.

Tabel 1 Hasil Uji Coba Alat Pada Penambalan Ban

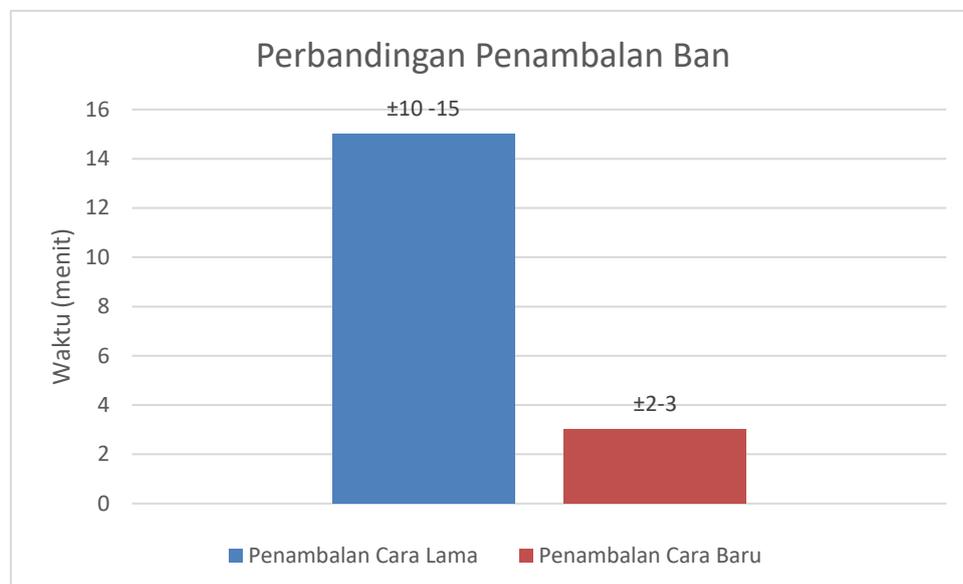
Waktu	Tekanan	Suhu	Hasil
1 menit 57 detik	5 Bar	286 °C	Penambalan tidak sempurna tertambal
2 menit 30 detik	5 Bar	286 °C	Ban tertambal dengan sempurna
3 menit 55 detik	5 Bar	244 °C	Ban mengalami pelelehan
4 menit 50 detik	5 Bar	258 °C	Ban terbakar sehingga meleleh

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa distribusi mengenai sistem pemanas untuk penambalan ban, efisiensi dengan melihat perpindahan kalor sangat mempengaruhi waktu dan kualitas penambalan. Harus diketahui waktu yang pas untuk perpindahan energi panas, semakin efisien proses pemanasan, yang memungkinkan penambalan dilakukan dalam waktu yang lebih singkat tanpa mengorbankan kualitas. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan uji coba dengan beberapa teknik seperti yang dilakukan [7] Proses tambal ban pada bagian yang bocor sering menggunakan gas kaleng sebagai pemanas, namun metode ini memiliki kelemahan seperti hasil tambalan yang kurang kuat, waktu lama, dan biaya tinggi. Penelitian ini mengembangkan alat tambal ban otomatis berbasis Arduino Uno dengan koneksi Bluetooth, yang menunjukkan hasil yang lebih baik, dengan suhu 120-160°C memerlukan waktu 5 menit 40 detik untuk hasil tambalan yang optimal. Dan juga yang dilakukan oleh [8] juga mengkaji penggunaan bahan bakar bensin dalam proses pemanasan untuk penambalan ban, yang mana pada penelitian tersebut disarankan agar suhu dan tekanan tetap dikontrol untuk menghindari kerusakan pada permukaan ban. Temuan ini mendukung pentingnya kontrol terhadap transfer kalor dalam sistem pemanas berbahan bakar. Selain melihat transfer kalor pada saat penambalan juga penting untuk melihat transfer energi pada alat. Sehingga peneliti merujuk beberapa literatur yaitu dalam penelitian tersebut, disimpulkan bahwa pemanasan berbasis gas memerlukan kontrol yang ketat terhadap aliran gas dan suhu untuk menghindari kerusakan pada komponen yang dipanaskan. Penelitian tersebut relevan dengan penelitian ini yang memodifikasi tabung APAR untuk digunakan sebagai sumber pemanas dalam penambalan ban. Dan studi literatur berikut yang memperkuat yaitu [9] Kebocoran ban sering terjadi pada sepeda motor, umumnya disebabkan oleh benda tajam yang menusuk permukaan ban. Penelitian ini bertujuan merancang alat pemantau suhu untuk perbaikan kebocoran ban menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor thermocouple serta sensor arus. Pengujian dilakukan tiga kali dengan hasil: suhu 165,7–172°C selama 3 menit menghasilkan tambalan tidak matang, suhu 178–180,2°C selama 4 menit menghasilkan tambalan hampir matang, dan suhu 183–185,7°C selama 5 menit menghasilkan tambalan matang yang merekat dengan baik dan dapat digunakan. [10] Penelitian ini mengkaji waktu pemanasan optimal untuk penambalan ban dalam, dengan tujuan mencapai kekuatan adhesi maksimal dan ketahanan terhadap tekanan. Hasilnya menunjukkan bahwa pemanasan selama 15 menit menghasilkan ikatan yang paling kuat antara tambalan dan tabung ban. Namun, pemanasan yang terlalu lama dapat menyebabkan penipisan tabung dalam dan cacat pembengkakan saat diberi tekanan. Analisis FTIR mengonfirmasi bahwa lem yang digunakan berbasis karet alam, yang memungkinkan ikatan optimal dengan tabung ban. Penelitian terkait pemanas gas, seperti yang disebutkan dalam bagian sebelumnya, menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar yang efisien dapat meningkatkan perpindahan panas dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk proses penambalan ban.

Tabel 2 Tabel Perbandingan Penambalan ban

Metode Penambalan	Waktu	Bahan Bakar	Kapasitas
Penambalan Cara Lama	$\pm 10 - 15$ menit	Karet dan solar	1 gulung karet dan 1 liter
Penambalan Cara Baru	$\pm 2 - 3$ menit	Bensin	1 liter

Hasil uji coba menunjukkan bahwa tabung APAR yang dimodifikasi bekerja efektif pada proses penambalan ban, dengan metode baru memberikan hasil yang lebih cepat dan konsisten dibandingkan dengan metode lama. Namun, keselamatan tetap menjadi perhatian utama dalam modifikasi dan pengisian tekanan, yang harus dijaga ketat agar tabung beroperasi dalam batas aman. Metode baru menawarkan keuntungan signifikan dalam hal kecepatan dan efisiensi, yang dapat meningkatkan kualitas layanan di usaha penambalan ban. Keamanan tabung telah dipastikan melalui perhitungan desain dan uji coba yang dilakukan. Metode baru ini memiliki potensi untuk diterapkan di industri penambalan ban secara lebih luas dengan catatan penting terkait dengan pengelolaan tekanan yang aman pada modifikasi tabung APAR.



Grafik 1. Perbandingan waktu penambalan ban

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil memodifikasi tabung APAR menjadi alat pemanas untuk penambalan ban, menggantikan teknik tradisional berbahan bakar api. Dengan mengombinasikan bensin dan udara bertekanan, alat ini menghasilkan suhu dan tekanan optimal, mempercepat proses penambalan menjadi 2–3 menit pada suhu sekitar 286°C , jauh lebih cepat dibanding metode lama yang memakan waktu 10–15 menit. Distribusi panas yang merata dan efisien terjadi melalui konduksi, konveksi, dan radiasi, memastikan bahan tambal menyatu sempurna tanpa merusak ban. Keamanan alat dijamin dengan perhitungan ketebalan tabung yang sesuai standar,

serta pengendalian suhu dan tekanan yang ketat untuk menghindari risiko kecelakaan akibat bahan bakar mudah terbakar dan tekanan tinggi.

Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi teknologi pemanas berbasis tabung APAR, termasuk pengelolaan tekanan, ketahanan material, serta eksplorasi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Selain itu, penting untuk mengembangkan standar operasional prosedur yang jelas guna memastikan keselamatan dan efektivitas penggunaan alat ini di industri penambalan ban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Mutaqien, A. Putri, and D. Fajarwati, "Pelatihan Perawatan Kendaraan Roda Dua Bagi Masyarakat di Dusun Citeureup 1," *Nizam*, vol. 1, no. 3, pp. 125–131, Dec. 2022, doi: 10.33558/an-nizam.v1i3.5281.
- [2] S. Riyadi, "Perancangan Tambal Ban Menggunakan Elektrik di Tembilahan," *JUTI UNISI*, vol. 2, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.32520/juti.v2i1.223.
- [3] F. Farroni, N. Mancinelli, and F. Timpone, "A Real-Time Thermal Model for the Analysis of Tire/Road Interaction in Motorcycle Applications," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 5, p. 1604, Feb. 2020, doi: 10.3390/app10051604.
- [4] T. Eben Haezar, W. Samdan, A. Yudha, and S. Taufik Roni, "Design of Mobile and Integrated Tyre Repair Tools for Motorcycle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, p. 012084, Apr. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012084.
- [5] F. Gustame, D. Kurniawan, and N. Faizi, "Rancang Bangun Alat Tambal Ban Kendaraan Bermotor Berbasis Android," in *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, Politeknik Negeri Bengkalis, 2021.
- [6] Z. Sulaiman, Bagas Akbar Gumelar, Lazuardi Akmal Islami, and Muhammad Bagas Ananda, "Optimization of Heating Time for Natural Rubber Motorcycle Inner Tire Patches," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 8, no. 2, pp. 98–108, Nov. 2024, doi: 10.31289/jmemme.v8i2.10349.
- [7] Jusnita, "Tambal Ban Sepeda Motor Yang Ergonomis Menggunakan Arduino UNO," *J. Surya Tek.*, vol. 8, no. 1, pp. 274–281, Jul. 2021, doi: 10.37859/jst.v8i1.2677.
- [8] A. A. Rosyadi, A. Haryono, and M. Darsin, "Pembinaan Kewirausahaan Tambal Ban melalui Penerapan Sistem Elektrik," vol. 1, 2022.
- [9] V. Ramadani, M. I. Nasution, and M. Mastura, "Sistem Pemantau Suhu Tambal Ban Berbasis Mikrokontroler Nodemcu Esp8266," *J. Fis. Unand*, vol. 13, no. 3, pp. 379–384, May 2024, doi: 10.25077/jfu.13.3.379-384.2024.
- [10] Z. Sulaiman, Bagas Akbar Gumelar, Lazuardi Akmal Islami, and Muhammad Bagas Ananda, "Optimization of Heating Time for Natural Rubber Motorcycle Inner Tire Patches," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 8, no. 2, pp. 98–108, Nov. 2024, doi: 10.31289/jmemme.v8i2.10349.