



Analisa Kerusakan Dudukan Pompa *Canister* Mesin *Tinting* Cat Manual dan Upaya Memperpanjang Umur Pakai

Slamet Rahardian¹, Muhamad Cahyadi², Irwan Aranda³, Nurjaya⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : ¹dosen01282@unpam.ac.id, ²dosen01283@unpam.ac.id, ³dosen01281@unpam.ac.id,
⁴dosen01288@unpam.ac.id

Masuk: 01 November 2025

Direvisi: 11 November 2025

Disetujui: 14 November 2025

Abstract: This study aims to identify the causes of damage using impact strength testing tools and tensile testing. To determine the difference between the materials used and the standards, this experiment was conducted through several stages of testing on polymer or plastic materials. In the initial condition, the pull test result was 655 N/mm², meaning that the tensile strength of the material produced in specimen 1 was still in accordance with the standard of tensile strength. Subsequently, specimen 2 produced a tensile strength of 1244 N/mm². In specimen 3, a tensile test resulted in a tensile strength of 1515.8 N/mm². It is stated that the results of the tensile tests on the three specimens show tensile strength that meets the standard of piston mount material. The impact testing results of the piston mount material also have resistance values that comply with the standards. The piston mount testing point closest to the material standard is found in specimen 1, with a value of 0.0161 compared to the specified standard value of 0.015. Meanwhile, the testing point in specimen 3 is the lowest, with a test value of 0.0145 compared to the standard value of 0.01023. In conclusion, the damage occurred due to an inappropriate canister design or remaining deficiencies that caused damage to the piston mount. Modifications or additions to the retaining design or piston mount bracket were made to increase resistance strength due to loads applied by the operator during machine operation.

Keywords: Impact Testing, Pull Test, Manual Canister, Polymers.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan dengan alat pengujian kekuatan impak dan pengujian uji tarik. Untuk mengetahui perbedaan material yang digunakan dengan standar, percobaan ini dilakukan melalui beberapa tahapan pengujian pada bahan polimer atau plastik. Pada kondisi awal, hasil uji tarik adalah 655 N/mm², artinya kekuatan tarik material yang dihasilkan pada spesimen 1 masih sesuai dengan standar kekuatan tarik. Selanjutnya, spesimen 2 menghasilkan kekuatan tarik 1244 N/mm². Pada spesimen 3 dihasilkan uji tarik dengan kekuatan tarik sebesar 1515,8 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa hasil uji tarik ketiga spesimen sesuai dengan standar material dudukan piston. Hasil pengujian impak pada material dudukan piston juga memiliki nilai ketahanan yang sesuai dengan standar. Adapun titik pengujian dudukan piston yang paling mendekati standar terdapat pada spesimen pertama, yaitu 0,0161 dengan nilai standar 0,015. Sedangkan titik pengujian pada spesimen 3 paling rendah dengan nilai pengujian 0,0145 dibandingkan dengan nilai standar yaitu 0,01023. Kesimpulannya bahwa kerusakan terjadi karena desain canister yang tidak sesuai atau masih terdapat kekurangan yang menyebabkan kerusakan pada dudukan piston. Oleh karena itu, dilakukan perubahan atau penambahan desain penahan atau *bracket* dudukan piston untuk menambah kekuatan terhadap beban yang diterima dari operator saat mengoperasikan mesin.

Kata kunci: Pengujian Impak, Uji Tarik, Canister Manual, Polimer.

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor properti di Indonesia yang semakin pesat memberikan dampak signifikan terhadap pertumbuhan industri pendukung, khususnya industri cat dan pelapisan yang memproduksi berbagai jenis cat dekoratif dan pelindung. Peningkatan permintaan produk cat mendorong produsen untuk melakukan efisiensi dalam proses produksi dan pelayanan, termasuk dalam penggunaan mesin *tinting* cat manual sebagai alat pencampur dan pengukur warna di berbagai

outlet penjualan. Pemeliharaan dan keandalan (*maintenance and reliability*) merupakan kegiatan yang berkaitan dengan upaya mempertahankan peralatan sistem kerja mesin agar tetap berada dalam kondisi baik untuk jangka waktu tertentu, sehingga tidak mengganggu proses produksi. *Shaft* ulir dan kopling pompa *canister* merupakan jenis baja paduan yang menggunakan proses manufaktur pembubutan dengan mesin bubut atau CNC (*Computer Numerical Control*) [1].

Namun, dalam praktiknya, operator mesin *tinting* cat manual sering menghadapi masalah teknis berupa kerusakan pada tabung *canister*, yaitu wadah yang digunakan untuk menampung pewarna dalam sistem pencampuran cat. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh kelelahan material dudukan pompa, tegangan berlebih, serta desain struktur yang kurang optimal dalam menahan beban operasional selama proses pengeluaran pewarna. Untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan tersebut, dilakukan serangkaian pengujian komposisi material, uji kekerasan, dan pengamatan visual terhadap proses kerja mesin, sesuai dengan prosedur analisis material yang diuraikan oleh Herman. Data hasil pemeriksaan dan pengujian ini diharapkan menjadi dasar dalam menentukan solusi rekayasa material dan desain yang dapat memperpanjang umur pakai dudukan pompa *canister*.

Material yang digunakan pada dudukan pompa *canister* umumnya berbahan polimer termoplastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) atau PE (*Polyethylene*) karena memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap benturan dan kemudahan pembentukan melalui proses *injection blowing*, meskipun sifat PET reaktif hasil ekstrusi masih lebih rendah dibandingkan PET murni. Namun demikian, material tersebut tetap cukup untuk menghasilkan produk baru yang menghemat sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan [2].

Dalam perancangan sistem *injection blowing tools* harus diperhitungkan parameter tekanan, temperatur, serta viskositas lelehan agar proses pembentukan dapat berjalan optimal dan menghasilkan produk tanpa cacat, sehingga sumber utama tegangan sisa dalam proses ini adalah pendinginan cepat yang tidak merata [3]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penyebab kerusakan pada dudukan pompa *canister* sekaligus merancang perbaikan desain guna meningkatkan daya tahan dan memperpanjang umur pakai komponen tersebut, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dudukan Pompa *Canister* sebelum dan sesudah Pemakaian

Pada Gambar 1, dudukan pompa *canister* manual sebagai bagian dari Mesin *Tinting* Manual berfungsi untuk menampung pewarna dalam tabung *canister* yang digunakan untuk membuat racikan beberapa warna menjadi suatu produk cat, baik cat air maupun cat minyak. Saat mesin tersebut beroperasi dengan bantuan tenaga manusia, *canister* akan dioperasikan sesuai keinginan operator dengan cara mengangkat skala pada posisi ukuran yang diinginkan, kemudian menarik tuas *valve* untuk membukanya dengan tangan kiri dan tangan kanan menekan tuas piston untuk mengeluarkan sejumlah pewarna sesuai skala, sehingga cairan pewarna keluar ke dalam kaleng *base* cat. Hal tersebut terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Kerja Dudukan Pompa *Canister*

Polimer secara umum dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama, yaitu plastik dan karet. Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan menjadi polimer alami, polimer sintetis, dan polimer semi-alami yang dimodifikasi. Polimer alami berasal dari hewan dan tumbuhan sebagai makromolekul protein dari asam amino yang diikat oleh peptida atau sebagai makromolekul polisakarida dari monosakarida yang terikat oleh ikatan glikosida [4]. Sementara itu, polimer sintetis tidak terdapat secara alami, melainkan dihasilkan melalui proses kimia buatan, seperti *nylon*, poliester, polipropilena, dan polistirena. Selain itu, terdapat juga polimer semi-alami yang merupakan hasil modifikasi bahan dasar alami seperti selulosa, misalnya pada pembuatan seluloid dan *cellophane*, di mana proses modifikasi tersebut menyebabkan perubahan sifat kimia dan fisika aslinya.

Salah satu aspek penting dalam studi material polimer adalah sifat mekanik, terutama kekuatan (*strength*) yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menahan gaya eksternal tanpa mengalami deformasi permanen atau kerusakan. Beberapa jenis kekuatan mekanik yang umum dijumpai pada polimer meliputi kekuatan tarik (*tensile strength*), yaitu kemampuan bahan menahan gaya tarik hingga batas patah; kekuatan tekan (*compressive strength*) yaitu ketahanan terhadap beban tekan; kekuatan lentur (*flexural strength*) yang mengukur kemampuan bahan terhadap pembengkokan; serta kekuatan dampak (*impact strength*) yang menilai ketahanan bahan terhadap beban kejutan atau benturan. Kekuatan mekanik polimer sangat dipengaruhi oleh struktur molekul dan derajat kristalinitas materialnya. Polimer dengan struktur rantai panjang dan ikatan silang yang kuat umumnya memiliki kekuatan tarik dan ketahanan dampak lebih baik. Sementara itu, modifikasi antarmuka pada komposit polimer dapat meningkatkan sifat mekanik secara signifikan, termasuk kekuatan dampak dan kekuatan lentur. Namun, berdasarkan nilai tersebut, kekuatan mekanik polimer relatif rendah sehingga diperlukan penguat. Selain itu, persentase daerah kristalin juga sangat memengaruhi stabilitas termal material [5].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh struktur molekul dan modifikasi kimia terhadap peningkatan sifat mekanik polimer, khususnya pada kekuatan tarik dan dampak. Penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimental dengan membandingkan karakteristik mekanik berbagai jenis polimer hasil modifikasi dan non-modifikasi menggunakan metode uji tarik dan uji dampak standar. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa modifikasi struktur kimia polimer mampu meningkatkan kekuatan mekanik secara signifikan dibandingkan polimer tanpa perlakuan modifikasi.

METODOLOGI

Analisis kerusakan dudukan pompa *canister* pada mesin *tinting* cat manual dilakukan dengan metode eksperimen dan pendekatan analisis material. Tujuan utama metode ini adalah untuk mengetahui penyebab kerusakan pada dudukan pompa serta menentukan solusi rekayasa guna memperpanjang umur pakai komponen tersebut. Penelitian diawali dengan tahapan perencanaan dan pengumpulan data, yang mencakup inspeksi visual terhadap komponen yang rusak, dokumentasi kondisi fisik, serta identifikasi jenis bahan penyusun menggunakan referensi teknis dan manual mesin.

Tahap berikutnya adalah pengujian material yang meliputi uji dampak dan uji tarik, yang keduanya bertujuan untuk menentukan kekuatan mekanik dari bahan dudukan pompa *canister*. Uji dampak dilakukan menggunakan *impact tester* untuk mengetahui ketahanan material terhadap beban kejutan, sedangkan uji tarik dilakukan menggunakan *tensile testing machine* untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum material sebelum patah. Spesimen uji dipersiapkan dengan dimensi dan bentuk sesuai standar pengujian material polimer. Polipropilena *high impact* (PPHI) merupakan salah satu polimer yang umum digunakan dalam industri otomotif Indonesia [6]. Proses pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pamulang, dengan tahapan mencakup pemotongan spesimen menggunakan gerinda tangan, pembersihan permukaan uji, serta pemasangan benda uji pada alat pengujian yang telah dikalibrasi.

Selama proses pengujian, dilakukan pencatatan data gaya maksimum, regangan, serta energi serapan dampak pada setiap spesimen. Data hasil uji kemudian diolah untuk memperoleh parameter mekanik, seperti kekuatan tarik (*tensile strength*) dan energi serapan dampak (*impact energy*). Tahap akhir penelitian ini adalah analisis hasil dan perancangan ulang desain dudukan pompa. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil uji terhadap standar kekuatan material polimer (PET dan PE), serta mengevaluasi faktor penyebab kerusakan yang berasal dari desain dan beban operasional.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kerusakan disebabkan oleh tegangan berlebih akibat kurangnya penopang pada dudukan piston. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan perbaikan desain berupa penambahan *bracket* penahan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik dan dampak. Proses perancangan ulang dilakukan menggunakan prinsip rekayasa material dan optimasi bentuk konstruksi. Dengan metode ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan umur pakai komponen dudukan pompa

canister serta menjadi acuan bagi proses desain komponen plastik pada mesin industri sejenis di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Inspeksi Visual

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa dudukan pompa *canister* mengalami kerusakan akibat gaya yang diterima pada saat proses pemompaan tinta atau cat.



Gambar 3. Dudukan Piston *Canister* yang sudah Mengalami Patah

Gambar 3 memperlihatkan kondisi fisik dudukan pompa *canister* pada mesin *tinting* cat manual yang mengalami kerusakan berupa patah pada bagian penopang utama piston. Kerusakan ini terjadi akibat beban mekanis berulang yang diterima komponen saat proses pemompaan tinta oleh operator. Saat tuas ditekan untuk mengeluarkan pewarna, gaya tekan dan tarik yang bekerja pada dudukan piston menyebabkan konsentrasi tegangan di area sambungan antara dudukan dan braket penahan. Selain itu, terlihat adanya retakan awal (*initial crack*) di sekitar sudut tumpuan yang berfungsi sebagai titik pivot gerak tuas, menunjukkan bahwa desain radius sudut yang terlalu tajam menjadi titik lemah (*stress concentration area*) [6]. Pola patahan yang terbentuk cenderung getas (*brittle fracture*), menandakan bahwa material polimer termoplastik yang digunakan memiliki keterbatasan terhadap gaya impact berulang dan kemungkinan mengalami *fatigue failure* akibat siklus pembebanan yang tinggi.

Secara umum, gambar ini menunjukkan bahwa kegagalan struktur dudukan bukan disebabkan oleh cacat material semata, tetapi oleh kombinasi antara desain yang kurang optimal dan beban operasional manual yang melebihi kapasitas tahanan dudukan. Oleh karena itu, diperlukan *redesign* pada bagian braket penahan atau penggunaan material dengan kekuatan impact lebih tinggi untuk memperpanjang umur pakai komponen.

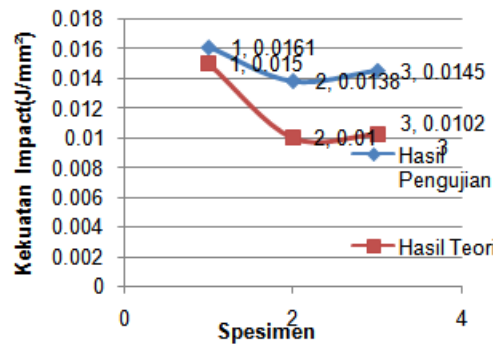
Hasil Uji Impact

Spesimen uji memiliki dimensi $10 \times 10 \times 100$ mm (tinggi \times lebar \times panjang). Posisi takik (*notch*) berada di tengah, dengan kedalaman takik 2 mm dari permukaan benda uji dan sudut takik 45° . Bentuk takik berupa huruf V. Benda uji diletakkan pada tumpuan dengan posisi horizontal dan tidak dijepit. Ayunan bandul dilakukan dari arah belakang takik, dengan pembebanan bekerja dari arah punggung takik.

Tabel 1. Hasil Uji Impact

Spesimen	Hasil Pengujian	Hasil Teori
1	0,0161	0,015
2	0,0138	0,01
3	0,0145	0,01023

Pada Tabel 1, pengujian dilakukan dengan mengambil tiga titik di setiap daerah untuk mengetahui pengaruh kerusakan yang terjadi. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui nilai standar dari material dudukan piston. Berdasarkan data yang dihasilkan, nilai yang diperoleh dibandingkan dengan standar material tersebut masih berada dalam kategori sesuai spesifikasi bahan yang digunakan.



Gambar 4. Hasil Pengujian Impak

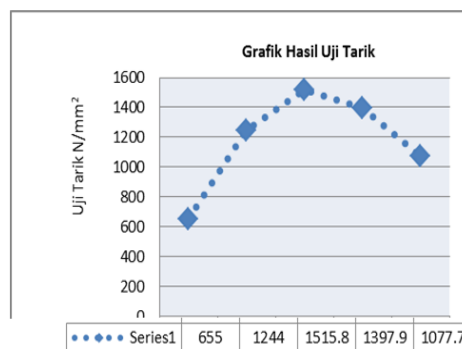
Pada Gambar 4 dijelaskan bahwa menurut ASTM D256, nilai ketahanan impact untuk material PET berada pada kisaran 0,014–0,016 J/mm², sedangkan untuk PE (khususnya HDPE) berkisar antara 0,010–0,013 J/mm², bergantung pada tingkat kristalinitas, struktur molekul, dan kondisi temperatur pengujian. Nilai tersebut menunjukkan bahwa karakteristik impact polimer sangat dipengaruhi oleh orientasi rantai polimer dan derajat pengisi (*filler content*) dalam material.

Dengan mengacu pada data tersebut, nilai standar acuan (0,015 J/mm²) yang digunakan dalam penelitian ini merepresentasikan batas rata-rata ketahanan impact material PET termoplastik komersial sebagaimana tercantum dalam literatur BASF dan Quadrant. Sementara itu, nilai 0,01023 J/mm² mencerminkan batas bawah ketahanan impact material PE, yang digunakan sebagai pembandingan tambahan.

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa nilai impact spesimen 1 sebesar 0,0161 J/mm² berada sangat dekat dengan batas atas standar PET (0,015 J/mm²), menunjukkan bahwa material tersebut memiliki ketahanan terhadap beban kejut yang baik. Sedangkan spesimen 3 memiliki nilai 0,0145 J/mm², sedikit lebih rendah namun masih berada dalam rentang standar material PET–PE. Dengan demikian, seluruh spesimen memenuhi kriteria standar kekuatan impact material polimer teknik.

Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik pada material secara perlahan hingga patah. Pengujian dilakukan dengan mengambil dua spesimen dari tiap perlakuan. Hasil pengujian tarik pada tiga variasi temperatur ditampilkan pada Gambar 5.

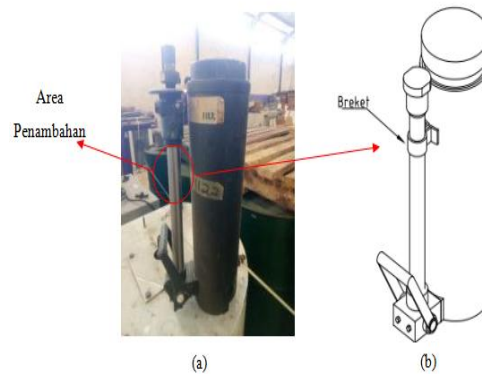


Gambar 5. Hasil Pengujian Tarik

Pada Gambar 5 diperlihatkan bahwa kondisi awal benda menunjukkan hasil uji tarik sebesar 655 N/mm², artinya kekuatan tarik material pada spesimen 1 masih sesuai dengan standar kekuatan tarik. Spesimen 2 menunjukkan peningkatan nilai kekuatan tarik menjadi 1244 N/mm². Pada spesimen 3, kekuatan tarik meningkat kembali menjadi 1515,8 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa seluruh spesimen memiliki kekuatan tarik yang masih sesuai dengan standar material yang digunakan.

Setelah melihat hasil pengujian impact dan uji tarik yang masih sesuai standar material, peneliti menyimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi disebabkan oleh desain *canister* yang kurang tepat atau masih memiliki kekurangan sehingga menyebabkan kerusakan pada dudukan piston. Selanjutnya dilakukan perubahan atau penambahan desain penahan atau *bracket* dudukan piston untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban yang diterima dari operator dalam mengoperasikan mesin, serta sensitivitas terhadap karakteristik statis dan dinamis [6].

Berikut desain yang telah dirancang untuk mengantisipasi beban yang ditimbulkan oleh aktivitas operator dalam menjalankan mesin, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Unit Pompa *Canister* Manual dan (b) Gambar Teknis Penambahan Braket Dudukan Pompa

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan, penguji dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Material dudukan piston *canister* memenuhi standar kekuatan mekanik material polimer teknik. Hasil pengujian impak menunjukkan nilai ketahanan material sebesar $0,0161 \text{ J/mm}^2$, yang masih berada dalam kisaran standar acuan material PET ($0,014\text{--}0,016 \text{ J/mm}^2$) dan PE ($0,010\text{--}0,013 \text{ J/mm}^2$) sebagaimana tercantum dalam literatur teknis. Hal ini menunjukkan bahwa material yang digunakan memiliki kemampuan menyerap energi benturan dengan baik dan sesuai dengan karakteristik polimer termoplastik yang digunakan pada komponen industri.
2. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa material memiliki kekuatan tarik di atas batas standar referensi. Nilai kekuatan tarik yang diperoleh, yaitu 655 N/mm^2 (spesimen 1), 1244 N/mm^2 (spesimen 2), dan $1515,8 \text{ N/mm}^2$ (spesimen 3), masih berada dalam rentang standar kekuatan material PET ($550\text{--}750 \text{ N/mm}^2$) dan lebih tinggi dibandingkan PE ($200\text{--}370 \text{ N/mm}^2$). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas material polimer yang digunakan cukup baik serta memiliki sifat mekanik yang stabil terhadap pembebanan tarik.
3. Kerusakan atau patahnya dudukan piston bukan disebabkan oleh mutu material, melainkan oleh beban operasional dan desain konstruksi. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis visual, diketahui bahwa kegagalan terjadi akibat tegangan tarik berlebih yang timbul saat operator menarik tuas pompa secara manual, sedangkan desain dudukan belum dilengkapi penopang atau *bracket* penguat yang mampu menahan beban tersebut.
4. Diperlukan perbaikan pada aspek desain konstruksi dudukan piston. Penambahan elemen penopang atau *bracket reinforcement* pada dudukan piston direkomendasikan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik dan impak yang berulang selama pengoperasian. Perubahan ini diharapkan dapat meningkatkan umur pakai komponen, mengurangi risiko patah akibat tegangan lokal, serta mendukung efisiensi kinerja mesin *tinting* cat manual secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Aranda, "Analisa Kerusakan Shaft Ulir Dan Kopling Pompa Canister Pada Mesin Tinting Automatic Dan Optimasi Memperpanjang Umur Pakai," *J. Tek. Mesin Cakram*, vol. 2, no. 2, pp. 95–106, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.32493/JTC.V2I2.4026>.
- [2] S. Hadi, A. Hardjito, H. Wicaksono, T. S. A. Cahyono, W. Wirawan, and Z. F. Emzain, "Fatigue Life Prediction of Injection Molded Polymer Materials," in *Proceedings of the 2023 Annual Technology, Applied Science and Engineering Conference (ATASEC 2023)*, Atlantis Press, 2024, pp. 235–248. doi: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-358-0_24.
- [3] N. F. Leksonowati, N. Pamungkas, and M. M. Manurung, "Experimental Study : Thermal Variations and Pressure's Impact on Plastic Injection Molding Quality," *ROTASI*, vol. 26, no. 3, pp. 50–56, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.26.3.50-56>.
- [4] P. P. I. P. Dewi, I. G. Widhiantara, and I. M. G. S. Sandhika, "Polimer Alam Sebagai Bahan Plastik Ramah Lingkungan: Kajian Pustaka," *J. Kesehat. Terpadu*, vol. 7, no. 2, pp. 58–63, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.36002/jkt.v7i2.2790>.

- [5] N. A. Fauziyah, D. S. Perwitasari, P. C. Wardhani, and T. A. Fadly, “Pengaruh Kristalinitas terhadap Stabilitas Termal Komposit Termoplastis Berpengisi Silika Xerogel,” *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 3, pp. 327–333, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.327-333.2022>.
- [6] Mardiyati, N. Srahputri, Steven, and R. Suratman, “Sifat Tarik Dan Sifat Impak Komposit Polipropilena High Impact Berpenguat Serat Rami Acak Yang Dibuat Dengan Metode Injection Molding,” *Mesin*, vol. 26, no. 1, pp. 8–16, Apr. 2017, doi: <https://doi.org/10.5614/MESIN.2017.26.1.2>.