



Al Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:

<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/IJR/index>

p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Pengaruh Variasi Limbah Kelapa Sawit Terhadap Kekerasan Dan Daya Serap Air Material Komposit Matrix Epoxy

Marhadi Budi Waluyo^{a*}, Shinta Tri Kismanti^b

^{a,b}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan

marhadibw@borneo.ac.id, kismanti88@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 3 Nopember 2025

Diterima dalam bentuk revisi: 12 April 2026

Diteima/publis: 22 April 2026

Abstrak

Provinsi Kalimantan utara merupakan salah satu provinsi penghasil kelapa sawit yang besar, dengan luas areal tanaman Perkebunan kelapa sawit seluas 39.466,5 hektar berdasarkan web resmi BPS. Data ini menunjukkan produksi minyak sawit mentah juga besar mencapai 75.738,90 ton. Kondisi ini juga menunjukkan adanya limbah kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pembuatan komposit menjadi salah satu pemanfaatan limbah kelapa sawit yang pernah dilakukan dan diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah kelapa sawit menjadi material komposit. Komposit dibuat dengan bahan dasar tandan kosong kelapa sawit (TKKS), resin epoxy dan katalis. Kandungan limbah TKKS dalam komposit dibuat dengan variasi 4%, 6%, dan 8%. Komposit dibuat dengan metode hand layup. Pengujian daya serap air dan kekerasan dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan penambahan variasi TKKS meningkatkan kekerasan permukaan dan daya serap air komposit.

Kata Kunci

daya serap air, epoksi, Komposit, Serat Sawit

Abstract

North Kalimantan Province is one of the largest palm oil producing provinces, with a palm oil plantation area of 39,466.5 hectares according to the official BPS website. This data shows that crude palm oil production is also large, reaching 75,738.90 tons. This condition also indicates the existence of palm oil waste that has not been optimally utilized. Composite making is one of the utilizations of palm oil waste that has been carried out and studied. This study aims to utilize palm oil waste into composite materials. The composite is made with basic materials of empty oil palm bunches (EFB), epoxy resin and catalyst. The content of EFB waste in the composite is made with variations of 4%, 6%, and 8%. The composite is made using the hand layup method. Water absorption and hardness tests are carried out. The test results show that the addition of EFB variations increases the surface hardness and water absorption of the composite.

<http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v11i1.21165>



©UNISKA 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

Jurnal Al Jazari is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan dan penyumbang utama perekonomian di Provinsi Kalimantan Utara. Luas perkebunan yang terus berkembang dan memberikan kontribusi signifikan terhadap sektor pertanian serta pendapatan daerah.

Berdasarkan data badan pusat statistik yang tertera pada website luas areal tanaman Perkebunan kelapa sawit seluas 39.466,5 hektar. Data ini menunjukkan produksi minyak sawit mentah juga besar mencapai 75.738,90 ton.

Dalam pengolahan kelapa sawit di Kalimantan Utara menghasilkan berbagai jenis limbah, diantaranya limbah cair (*palm oil mill effluent*), limbah padat berupa tandan kosong dan cangkang, serta limbah gas dari proses pembakaran. Kondisi ini memerlukan pengelolaan limbah terpadu agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu Upaya dalam mengolah limbah perlu dilakukan untuk meminimalisir pencemaran lingkungan.

Limbah kelapa sawit termasuk dalam limbah serat alam. Beberapa industri telah memulai memproduksi produk dengan bahan serat alam dengan tujuan keberlanjutan, daur ulang, bahan ramah lingkungan, biaya rendah serta mengurangi pencemaran lingkungan. Upaya pengolahan Kembali limbah pertanian tidak hanya dilakukan dalam skala besar, dalam skala kecil juga sudah dilakukan menjadi bahan bakar bio massa dan komposit. Pemanfaatan limbah serat alam menjadi komposit telah dilakukan. Salah satunya adalah pemanfaatan serat pelepah pisang dan serat pinang menjadi komposit kemudian diuji kekuatan impaknya. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan impak komposit serat pelepah pisang lebih berpengaruh terhadap kekuatan impak dibandingkan dengan serat pinang. Uji impak serat pelepah pisang lebih tinggi dibandingkan dengan serat pinang. (Sidabutar & Maryanti, 2024)

Penelitian lain juga telah dilakukan dalam memanfaatkan limbah kelapa sawit. Dilakukan proses pirolisis cangkang sawit kombinasi sampah plastik LDPE dengan katalis *Calcium Ocsida* dan *zeolite* variasi suhu pemanasan, untuk diperoleh *Pyrolitic Oil* sebagai energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan *pyrolytic oil* dengan suhu 500°C memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 44,506 MJ/kg. (Ayatullah, 2023)

Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit juga telah diteliti. Limbah dijadikan material komposit poliuretan sebagai penguat absorbs suara dan insulasi panas. Hasil penelitian disimpulkan bahwa penambahan fraksi massa 10% ZnO:nanoselulosa dari serat TKKS memiliki stabilitas termal terbaik, nilai konduktivitas termal terendah sebesar 0,032044, dan koefisien penyerapan suara tertinggi sebesar 36 dB. (Sunaryo et al., 2023)

Dari kajian sebelumnya menunjukkan bahwa limbah kelapa sawit khususnya TKKS dapat dimanfaatkan sebagai komposit. Sejalan dengan tujuan penelitian ini dimana limbah sawit TKKS akan dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit dengan matriks epoxy.

TINJAUAN PUSTAKA

Komposit

Istilah komposit berasal dari kata *to compose* yang berarti menyusun atau menggabungkan. Secara sederhana, bahan komposit dapat diartikan sebagai material yang merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda. Komposit merupakan perpaduan beberapa jenis material yang disatukan menjadi satu kesatuan.

Secara makroskopis, komponen penyusun komposit masih dapat dikenali bentuk aslinya, namun memiliki keterikatan dan interaksi yang baik antar bahan penyusunnya sehingga menghasilkan sifat-sifat unggul yang diinginkan. Dengan demikian, bahan komposit dapat diartikan sebagai suatu sistem material yang tersusun atas campuran dua atau lebih komponen utama yang berbeda, yang bergabung dalam suatu struktur namun tidak dapat dipisahkan secara fisik.

Limbah Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan kumpulan serat yang tertinggal setelah buah sawit dipisahkan dari tandan buah segar yang telah melalui proses sterilisasi. Serat TKKS memiliki berbagai keunggulan yang sudah dikenal luas, antara lain harganya yang relatif murah, mudah terurai secara alami, tidak beracun, serta termasuk dalam kategori serat alami yang memiliki potensi penggunaan yang luas. Selain itu, serat TKKS juga merupakan material alami dengan karakteristik filamen yang tebal dan kasar. Dengan sifat-sifat tersebut, serat TKKS dinilai lebih efisien dibandingkan material industri yang tidak dapat diperbarui, meskipun penggunaannya dalam skala kecil cenderung lebih mahal serta berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Perlakuan alkali

Larutan alkali natrium hidroksida (NaOH) merupakan larutan yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan lignin, silika, dan hemiselulosa pada bahan alami. Penggunaan larutan ini bertujuan untuk meningkatkan ikatan atau impregnasi antara serat dan matriks pada proses pembuatan komposit. Natrium hidroksida murni berbentuk padatan berwarna putih dan umumnya tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran, maupun larutan jenuh 50% yang dikenal sebagai larutan Sorensen. Zat ini bersifat higroskopis, mudah menyerap uap air serta karbon dioksida dari udara. Natrium hidroksida sangat mudah larut dalam air dan proses pelarutannya bersifat eksotermis, yaitu melepaskan panas. Selain itu, NaOH juga dapat larut dalam etanol dan metanol, meskipun kelarutannya dalam kedua pelarut tersebut lebih rendah dibandingkan dengan kalium hidroksida (KOH). (Purkuncoro, 2018)

Massa jenis

Setiap material memiliki massa jenis yang berbeda. Dalam penelitian ini massa jenis digunakan dalam penentuan variasi penelitian dalam satuan berat gram. Untuk memperoleh berat dalam gram diperlukan volume terlebih dahulu. Volume yang digunakan ialah cetakan uji daya serap air. Setelah volume diperoleh kemudian dilakukan perhitungan massa jenis dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dimana : ρ = massa jenis material (gr/cm^3)
 m = berat dalam gram (g)
 v = volume (cm^3)

Pengujian kekerasan & daya serap air.

Pengujian yang dilakukan pada komposit dalam penelitian ini adalah uji kekerasan dengan alat uji shore D ASTM D2240-15. Setelah uji kekerasan dilakukan pengujian selanjutnya adalah daya serap air. Pengujian ini dilakukan mengacu pada astm D570. (Ismail et al., 2021)

Data diperoleh dari proses perendaman spesimen. Perendaman dilakukan selama 24 jam kemudian ditimbang berat spesimen sebelum dan sesudah dilakukan perendaman. berat tersebut kemudian diolah dengan persamaan berikut.

$$\text{DSA} = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana DSA = daya serap air; B_1 = berat spesimen sebelum perendaman (gram); B_2 = berat spesimen setelah perendaman (gram)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan membuat komposit resin dan penguat serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. lokasi penelitian dilaksanakan di Lab Material dan Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Borneo Tarakan. Serat tkks sebagai bahan utama pengisi bentuknya bongkahan diubah menjadi bentuk serat.



Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sebelum digunakan serat diberi perlakuan NaOH. Serat direndam dalam larutan NaOH selama dua jam. Proses pengeringan serat dilakukan dalam suhu ruang. Proses perendaman ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Perendaman serat dengan NaOH

Komposit dibuat dengan cetakan yang ukurannya menyesuaikan ukuran spesimen uji daya serap air yaitu ASTM D570. Ukuran yang digunakan untuk panjang 77mm, lebar 26 mm dan tebal 4mm. Spesimen komposit epoksi/TKKS dicetak dengan 3 variasi, dengan variasi komposisi seperti yang tercantum dalam tabel 3.

Tabel.1 variasi komposit

Spesimen Komposit	Komposisi %	
	Epoksi	TKKS
Spesimen 1	96	4
Spesimen 2	94	6
Spesimen 3	92	8

Proses penghitungan masa jenis dilakukan lebih dulu sebelum pencetakan, untuk mendapatkan nilai dalam berat gram. Volume cetakan dihitung lebih dulu kemudian nilainya dijadikan sebagai 100% paduan. Pencetakan komposit menggunakan campuran epoksi dan hardener dengan perbandingan 2:1. Penimbangan bahan dilakukan menggunakan neraca digital setelah itu pencampuran dilakukan dalam wadah plastik. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode yang paling sederhana yaitu *Hand lay-up* proses dengan metode cetakan terbuka. Proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin kedalam cetakan berisi serat kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada suhu kamar.

Sebelum campuran dimasukkan ke cetakan, wax diberikan ke permukaan cetakan. Wax berfungsi sebagai pelapis untuk mempermudah melepaskan spesimen dari cetakan. Pengujian kekerasan dilakukan pada lima titik dan untuk pengujian Daya Serap Air dilakukan selama 6 hari perendaman. Pengambilan data DSA dilakukan setiap 24 jam selama 6 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

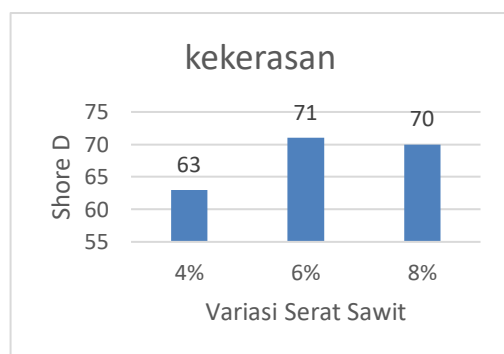
Pada proses pembuatan spesimen menggunakan metode *hand lay-up*, metode ini termasuk teknik manufaktur komposit yang paling sederhana. Prosesnya dilakukan dengan mengoleskan resin pada permukaan cetakan, kemudian dilanjutkan dengan penataan serat di atasnya. Spesimen dibuat sebanyak 3 benda uji. Ketiga spesimen di uji daya serap air, untuk uji kekerasan dilakukan 5 titik pengujian untuk tiap spesimen. Pengujian kekerasan dilakukan terlebih dahulu kemudian dilanjutkan uji daya serap air. Data hasil uji kekerasan disajikan dalam tabel 2. Uji kekerasan merupakan pengujian dengan menekan alat uji pada permukaan spesimen.

Tabel 2. Data hasil uji kekerasan

Spesimen	Titik pengujian kekerasan
----------	---------------------------

	T1	T2	T3	T4	T5	Rata-rata
4%	61	60,5	59,5	64	69	63
6%	71,5	68,5	70	73	71,5	71
8%	71,5	68,5	68	70,5	70,5	70

Identor pada alat akan membaca kekerasan permukaan dengan merekam sejauh apa identor menebus permukaan komposit. Hasil pengujian ditandai dengan adanya lubang kecil pada permukaan komposit. Lubang ini menunjukkan identor telah menembus permukaan komposit. Dari spesimen kekerasan masing-masing dilakukan 5 kali pengambilan data. Diperoleh rata-rata dari hasil uji 63 shoreD pada spesimen 4%, 71 ShoreD pada spesimen 6% dan 70 ShoreD pada spesimen 8%.



Gambar 3. Grafik rata-rata uji kekerasan

Hasil ini sejalan dengan penelitian saputra dimana Perbedaan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah matriks dalam komposit yang mengakibatkan distribusi serat menjadi tidak merata, sehingga ikatan antara matriks dan serat melemah. Kondisi tersebut membuat material komposit memiliki sifat yang keras namun cenderung getas. (Saputra et al., 2025)

Hasil uji menunjukkan peningkatan kekerasan permukaan pada komposit. Peningkatan kekerasan diikuti dengan peningkatan variasi TKKS. hasil penelitian lain juga menunjukkan hasil yang sama dimana semakin bertambahnya TKKS dalam komposit akan meningkatkan sifat mekanisnya. (Husna et al., 2023)

Data hasil uji serap disajikan pada tabel 3. Pengujian dilakukan selama 6 hari dengan pengambilan data setiap 24 jam.

Tabel 3. Data daya serap air

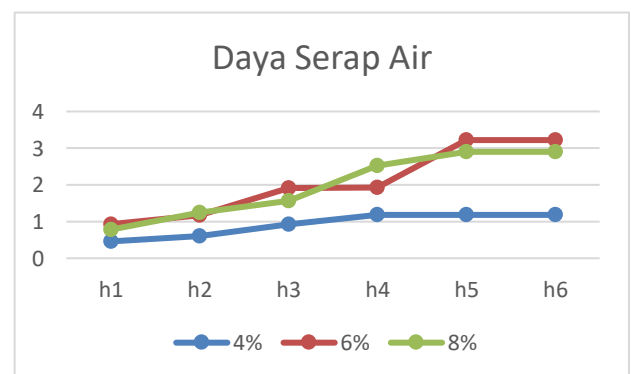
Spesimen	Pengujian selama 6 Hari %					
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
4%	0.46	0.603	0.928	1.182	1.182	1.182
6%	0.93	1.17	1.92	1.93	3.22	3.22
8%	0.78	1.25	1.56	2.52	2.9	2.9

Pengumpulan data dengan menimbang berat sebelum dan berat setelah perendaman. kemudian hasil yang diperoleh diolah dengan persamaan 2. Hasil olah data kemudian diperoleh presentase penambahan berat dari komposit.

Hasil pengujian daya serap air komposit epoksi dengan variasi 4% mulai hari pertama hingga ke enam peningkatan daya serap air sebesar 0,46 % - 1,182 %. Untuk variasi 6% sebesar 0,93% - 3,22% dan untuk variasi 8% sebesar 0,78% - 2,9%. Berdasarkan nilai persentase yang diperoleh, terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman, maka semakin tinggi pula persentase yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Michael, yang menyatakan bahwa penyerapan air maksimum pada komposit papan partikel terjadi pada rentang waktu 24 hingga 72 jam, yang merupakan periode signifikan untuk pengujian tersebut. (Michael et al., 2013)

Hasil uji DSA menunjukkan semakin meningkatnya variasi serat meningkatkan DSA yang terjadi pada komposit. Ini menunjukkan rongga udara yang terbentuk pada komposit semakin meningkat. Sejalan dengan penelitian (Malik Ibrahim et al., 2021) Volume serbuk yang lebih besar dibandingkan matriks menyebabkan matriks tidak mampu mengikat serbuk secara merata, sehingga terbentuk rongga udara (*void*). Kehadiran rongga udara ini menjadi jalur masuknya air ke dalam komposit papan partikel saat dilakukan uji daya serap air. Sebaliknya, pada komposisi serat dengan volume lebih sedikit diperoleh nilai persentase penyerapan air terendah, yaitu 1,4% setelah perendaman selama 24 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin kecil perbandingan volume serbuk terhadap matriks, ikatan antarpartikel menjadi lebih baik, sehingga jumlah rongga udara (*void*) yang terbentuk juga lebih sedikit.

karakteristik kompaksibel serat TKKS juga meningkatkan mekanisme kapiler serat untuk membentuk celah dan cacat pada antarmuka antara serat dan matriks polimer yang disebabkan proses perendaman. Prilaku Hidrofilisitas dari serat alami merupakan faktor utama yang mempengaruhi penyerapan air. Khususnya, sebagian besar serat alami mengandung hidroksil dan gugus lainnya yang mengandung oksigen pada dinding sel tanaman yang menarik air melalui ikatan hidrogen. (Ramlee et al., 2019)



Gambar 4. Grafik hasil Uji DSA

KESIMPULAN

Limbah tandan kosong kelapa sawit mempengaruhi kekerasan dan daya serap air komposit. Hal ini terlihat dari uji kekerasan dimana penambahan serat tandan kosong kelapa sawit juga meningkatkan kekerasan. Penambahan serat TKKS juga meningkatkan daya serap air, dari hasil uji menunjukkan penambahan berat selama 1 hari hingga 6 hari perendaman. Hasil uji DSA menunjukkan pada variasi 4% mulai hari pertama hingga ke enam peningkatan daya serap air sebesar 0,46 % - 1,182 %. Untuk variasi 6% sebesar 0,93% - 3,22% dan untuk variasi 8% sebesar 0,78% - 2,9%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Borneo yang telah memberikan dukungan berupa pendanaan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Ayatullah, M. W. (2023). Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit Dan Plastik LDPE Katalis Cao-Zeolite Alam Pada Sifat Kimia Pyrolytic Oil. *AL JAZARI: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 8(2). <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v8i2.12424>
- Husna, R., Yana, D., Kusmawati, I., Aisah, N., Ginting, D., & Syahputra, R. F. (2023). Fabrikasi Papan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Penambahan Bahan Fluoresensi Fosfor. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 7(2), 176–185. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v7i2.19615>
- Ismail, A. I., Rasidah, R., & Haliq, R. (2021). Pengaruh Massa Filler-Matriks terhadap Sifat Mekanik dan Daya Serap Air pada Komposit Cangkang Biji Karet. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 297–304. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.7>
- Malik Ibrahim, M., Desiasni, R., Widyawati, F., & Studi Teknik Metalurgi, P. (2021). *PENGARUH VOLUME SERBUK TERHADAP LAJU PENYERAPAN AIR PADA KOMPOSIT PARTIKEL TONGKOL JAGUNG (CORN COB) DENGAN MATRIKS EPOKSI*. 2(1).
- Michael, Elmer Surya, & Halimatuddahlia. (2013). DAYA SERAP AIR DAN KANDUNGAN SERAT (FIBER CONTENT) KOMPOSIT POLIESTER TIDAK JENUH (UNSATURATED POLYESTER) BERPENGISI SERAT TANDAN KOSONG SAWIT DAN SELULOSA. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 17–21. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1443>
- Purkuncoro, A. E. (2018). ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN NaOH 5% PADA SERAT PELEPAH PISANG DENGAN FRAKSI VOLUME 40%, 50% DAN 60% TERHADAP KEKUATAN MEKANIS. *AL-JAZARI JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 3(2). <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v3i2.1616>
- Ramlee, N. A., Jawaid, M., Zainudin, E. S., & Yamani, S. A. K. (2019). Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(4), 3466–3474. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.016>
- Saputra, J. S. D., Mala, A., Aryanto, R., Samhuddin, S., & Aminur, A. (2025). Pengujian Impak dan Kekerasan Komposit Serat Kelapa Sawit Dengan Matriks Resin Epoksi. *Enthalpy: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 10(1), 9–16. <https://doi.org/10.55679/enthalpy.v10i1.13>
- Sidabutar, S. N., & Maryanti, B. (2024). EKSPERIMEN KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT PINANG DAN PELEPAH PISANG TERHADAP UJI IMPACT. *AL JAZARI: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 9(1). <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v9i1.14445>
- Sunaryo, S., Nasution, A. K., Israyandi, I., Nurrahmawati, P., Wulandari, G., Rafhan, M., Ilhami, I. Z., & Yudho, A. L. (2023). Inovasi Material Komposit Poliuretan menggunakan (ZnO:Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Buah Kelapa Sawit) Sebagai Penguat Absorpsi Suara dan Insulasi Termal. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 12(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v12i2.2742>