

INOVASI LAMPU ANTI-KOROSI BERBASIS SERAT KARBON DAN EPOXY UNTUK WILAYAH PESISIR PANTAI SERAYA

Ibnu Alif Ifanialdy^{1*}, Denny Huldiansyah², Anantha Nisrina Zahirrah¹, Farida Putri Sunaryo³, Masfufah Khoirunisak³, Nisa Ayu Dilara³, Nasywa Nahdah Raniah¹, Novi Dyah Ramadhan⁵, Stevani Febriani Tanauma⁴, Wulan Dian Lestari³, Zaira Amalia Putri⁵

¹Ilmu Aktuaria (Jurusan Sains dan Analitika Data/Fakultas Sains dan Teknologi Informasi/Institut Teknologi Kalimantan/Kota Balikpapan)

²Arsitektur (Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan/Fakultas Pembangunan Berkelanjutan/Institut Teknologi Kalimantan/Kota Balikpapan)

³Matematika (Jurusan Sains dan Analitika Data/Fakultas Sains dan Teknologi Informasi/Institut Teknologi Kalimantan/Kota Balikpapan)

⁴Teknik Material Metalurgi (Jurusan Teknologi Industri/Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri/Institut Teknologi Kalimantan/Kota Balikpapan)

⁵Statistika (Jurusan Sains dan Analitika Data/Fakultas Sains dan Teknologi Informasi/Institut Teknologi Kalimantan/Kota Balikpapan)

*E-mail: denny.huldiansyah@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Wilayah pesisir Pantai Seraya Balikpapan menghadapi permasalahan serius terkait keterbatasan infrastruktur penerangan akibat kondisi lingkungan yang lembab dan memiliki kadar garam tinggi. Hal ini menyebabkan komponen lampu berbahan logam cepat berkarat dan tidak bertahan lama, sehingga aktivitas masyarakat pada malam hari terganggu. Inovasi Sosial ini bertujuan merancang dan mengembangkan lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan resin epoxy sebagai solusi inovatif yang adaptif terhadap kondisi pesisir. Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan masyarakat, perancangan prototipe, pembuatan lampu dengan teknik *skinning*, instalasi di titik strategis, serta evaluasi kinerja dan partisipasi warga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe lampu dengan material serat karbon, resin, dan epoxy memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi serta mampu memberikan pencahayaan stabil. Dari dua unit lampu yang dipasang, seluruhnya berfungsi optimal tanpa menunjukkan kerusakan material. Untuk mengukur tingkat kebermanfaatan, dilakukan kuesioner dan wawancara singkat terhadap warga sekitar dengan parameter utama: kondisi lampu, ketahanan material, respon masyarakat, dan partisipasi dalam perawatan. Hasil kuesioner menunjukkan nilai rata-rata 3.87, yang menandakan inovasi lampu anti-korosi diterima positif dan bermanfaat bagi lingkungan pesisir. Dengan demikian, inovasi lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan epoxy dapat dijadikan model berkelanjutan untuk pengembangan infrastruktur penerangan di kawasan pesisir Indonesia.

Kata kunci: Anti-korosi, Epoxy, Lampu, Pantai Seraya, Serat karbon

Abstract

The coastal area of Seraya Beach in Balikpapan faces serious problems related to limited lighting infrastructure due to humid environmental conditions and high salt content. This causes metal lamp components to rust quickly and not last long, disrupting community activities at night. This social innovation aims to design and develop anti-corrosion lamps based on carbon fibre and epoxy resin as an innovative solution that is adaptive to coastal conditions. The implementation method includes a community needs survey, prototype design, lamp manufacturing using the skinning technique, installation at strategic points, and performance evaluation and community participation. The results of the study show that the prototype lamps made of carbon fibre, resin, and epoxy have high resistance to corrosion and are capable of providing stable lighting. Of the two lamp units installed, all functioned optimally without showing any material damage. To measure the level of usefulness, a questionnaire and brief interviews were conducted with local residents with the following main parameters: lamp condition, material durability, community response, and participation in maintenance. The questionnaire results showed an average score of 3.87, indicating that the anti-corrosion lamp innovation was positively received and beneficial for the coastal environment. Therefore, the carbon fibre and epoxy-

based anti-corrosion lamp innovation can serve as a sustainable model for the development of lighting infrastructure in Indonesia's coastal areas.

Keywords: *Anti-corrosion, Carbon fiber, Epoxy, Lights, Seraya beach*

1. Pendahuluan

Wilayah pesisir, seperti Pantai Seraya Balikpapan Selatan menghadapi berbagai tantangan geografis yang mempengaruhi kualitas hidup masyarakat sekitar. Salah satu permasalahan utama yang muncul adalah kurangnya infrastruktur dasar, seperti penerangan malam hari. Minimnya fasilitas ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar yang lembab dan mempunyai kadar garam yang tinggi (salinitas) yang menyebabkan rusaknya infrastruktur serta komponen yang biasanya terbuat dari logam (Natasya dkk., 2022). Kondisi ini menyebabkan lampu jalan yang sebagian besar terbuat dari logam cepat berkarat, sehingga sering rusak dan menimbulkan masalah bagi penduduk setempat yang membutuhkan penerangan yang memadai di malam hari untuk melakukan aktivitas mereka. Kurangnya penerangan juga berdampak pada keamanan, kenyamanan, dan mobilitas sosial ekonomi penduduk pesisir.



Gambar 1. Kondisi Fasilitas Pantai Seraya

Sumber: Penulis, 2025

Oleh karena itu, diperlukan bahan alternatif yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan maritim. Salah satu bahan yang memiliki potensi besar adalah bahan komposit berbasis serat karbon dan resin epoksi. Material seperti komposit serat karbon dapat digunakan dalam lingkungan maritim karena ketahanannya terhadap korosi dan kondisi ekstrem seperti garam, suhu, UV, dan kelembaban (Yalçınkaya, 2025). Selain itu, penggunaan serat karbon sebagai penguat dalam komposit berbasis resin epoksi memberikan pengaruh terhadap kinerja mekanik yang lebih baik (Pulungan & Sutikno, 2025). Material komposit berbasis serat basalt dan serat karbon dengan resin epoksi memiliki ketahanan tinggi terhadap paparan air laut serta menunjukkan laju korosi yang rendah, sehingga sangat sesuai digunakan di wilayah pesisir dengan tingkat salinitas tinggi seperti Pantai Seraya Balikpapan (Kamid, Subagia, & Wirawan, 2019). Penggunaan resin epoksi yang diperkuat dengan cellulose nanofiber terbukti meningkatkan ketahanan terhadap korosi serta memperkuat daya lekat material pelapis, sehingga epoksi dapat dimanfaatkan secara efektif untuk melindungi permukaan logam dari paparan air laut (Pangestu & Kusmono, 2025). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapis berbasis kombinasi epoksi dan poliuretan memiliki daya adhesi

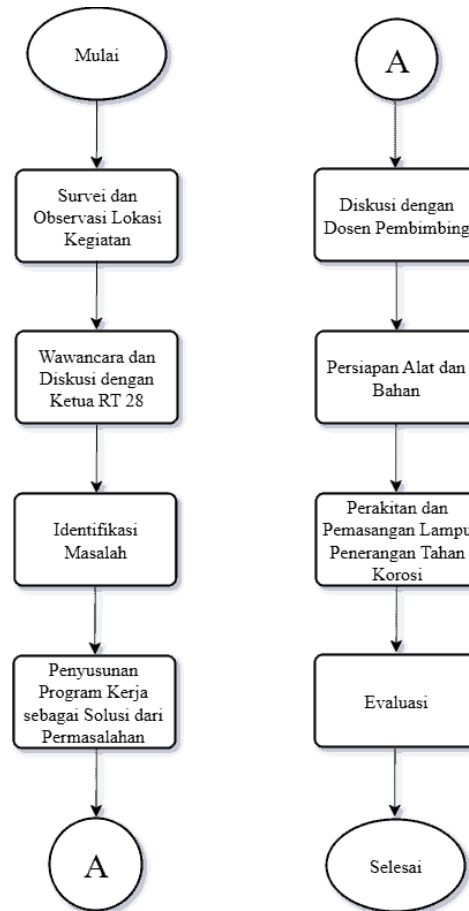
kuat serta ketahanan tinggi terhadap laju korosi, menjadikannya alternatif bahan pelindung yang tahan terhadap kondisi ekstrem di lingkungan laut (Pambudi, 2024).

Beberapa penelitian terdahulu memperkuat potensi material serat karbon dan epoxy. Kamid, Subagia, & Irawan (2019) menunjukkan bahwa bahan komposit berbasis serat karbon dengan resin epoxy memiliki laju korosi yang tergolong rendah, meskipun terus-menerus terpapar oleh air laut. Pangestu & Kusmono (2025) dalam penelitiannya menemukan bahwa penambahan nanofiber pada resin epoxy dapat meningkatkan daya lekat dan ketahanan terhadap korosi, menjadikannya pelapis yang efektif bagi material logam di lingkungan pesisir pantai. Sementara itu, Pambudi (2024) membuktikan bahwa pelapis kombinasi epoxy memiliki daya adhesi tinggi, serta ketahanan yang baik terhadap paparan garam dan kelembaban, sehingga sangat berpotensi untuk diaplikasikan di wilayah pesisir Pantai Seraya. Dalam perkembangannya, teknologi material komposit terus berevolusi. Remachandrarao, dkk. (2025) menjelaskan bahwa penambahan karbon dan *nanofibers* dapat memperkuat permukaan komposit karbon epoxy, menghasilkan material yang kuat, tahan aus, dan tergolong lebih stabil. Senada dengan itu, Wu et al. (2022) mengembangkan teknik "*musset-tailored interface*" dilakukan dengan cara merekayasa permukaan serat karbon untuk meningkatkan ikatan antara serat karbon dan epoxy resin, sebagai hasil komposit menjadi lebih tahan terhadap delaminasi dan kerusakan akibat kondisi cuaca ekstrem. Selain unggul dari segi kekuatan dan daya tahan, komposit serat karbon juga berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan. Pian, Zhou, & Xiao (2023) menekankan bahwa material ringan seperti serat karbon mampu mengurangi bobot struktur tanpa mengorbankan kekuatannya, yang sangat relevan untuk penerapan pada desain infrastruktur publik termasuk sistem penerangan. Di sisi lain, Rentizelas & Trivyza (2022) menggarisbawahi pentingnya konsep sirkularitas material dan desain *reverse supply chain* agar material seperti serat karbon dapat digunakan kembali dan berkontribusi pada pembangunan yang lebih berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, rumusan masalah yang dihadapi adalah bagaimana merancang dan mengembangkan lampu penerangan anti-korosi berbasis serat karbon dan resin epoxy, serta bagaimana menerapkannya secara tepat agar dapat dimanfaatkan dan digunakan oleh masyarakat Pantai Seraya. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan pencahayaan yang lebih inovatif, lebih tahan lama, dan sesuai dengan kondisi lingkungan pesisir, serta memberikan solusi nyata bagi masyarakat terkait keterbatasan fasilitas pencahayaan. Masyarakat di Pantai Seraya adalah mitra yang tepat dalam kegiatan pengabdian (Inovasi Sosial) ini, karena mereka secara langsung terkena dampak dari kerusakan fasilitas penerangan yang tidak memadai dan lampu yang rusak akibat korosi. Dengan adanya kegiatan inovasi sosial kepada masyarakat ini, diharapkan masyarakat mendapatkan manfaat dari infrastruktur penerangan yang lebih andal dan memperoleh pengetahuan tentang perawatan dan pemeliharaan lampu agar dapat digunakan lebih lama. Hal ini sejalan dengan prinsip pengabdian masyarakat, yang tidak hanya menawarkan solusi sementara, tetapi juga mendorong kemandirian & pengetahuan mitra untuk memastikan manfaat yang berkelanjutan di masa depan dan mudah dirawat di lingkungan masyarakat Pantai Seraya.

2. Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan program inovasi sosial ini dimulai dengan koordinasi dengan Ketua RT 12 Pantai Seraya Balikpapan Selatan. Koordinasi pertama dilakukan untuk menjelaskan tujuan kegiatan, membahas kebutuhan prioritas masyarakat, dan menyepakati lokasi untuk pemasangan lampu tahan korosi sebagai uji coba. Selanjutnya, alur kegiatan program inovasi sosial kepada masyarakat sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Metode Pelaksanaan
Sumber: Penulis, 2025

2.1 Survei

Tahap awal dilakukan dengan pengamatan langsung di lokasi untuk mengetahui kebutuhan masyarakat Pantai Seraya terkait fasilitas penerangan. Survei lokasi difokuskan pada wilayah pesisir yang masih memiliki area gelap sehingga mengganggu aktivitas masyarakat pada malam hari. Survei kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik strategis yang memerlukan pemasangan lampu, serta menggali informasi tambahan dari warga mengenai spesifikasi teknis yang diharapkan. Hasil survei yang telah dilakukan penulis dijadikan dasar penyusunan rancangan lampu anti-korosi.

2.2 Perancangan Prototipe Lampu

Berdasarkan hasil survei, disusun konsep desain lampu yang tahan terhadap kondisi lingkungan pesisir. Prototipe dirancang menggunakan material serat karbon, resin, dan epoxy karena kombinasi material memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi akibat paparan air laut dan udara lembab. Pada tahap ini, rancangan teknis dan visual lampu dibuat untuk memastikan bentuk, ukuran, serta efisiensi pencahayaan sesuai kebutuhan masyarakat. Pada perancangan prototipe juga melibatkan salah satu dosen yang ahli pada bidang korosi, sehingga semua bahan yang diaplikasikan dalam prototipe lampu telah sesuai dengan tantangan lingkungan pesisir pantai.

2.3 Pembuatan Prototipe Lampu

Proses pembuatan prototipe lampu dilakukan mengikuti rancangan yang telah disusun dengan menerapkan teknik skinning. Teknik skinning digunakan untuk melapisi struktur lampu dengan resin, epoxy, dan serat karbon agar menghasilkan permukaan yang kuat, tahan lama, serta terlindung dari korosi. Dengan metode skinning, lapisan pelindung lampu menjadi lebih rapat, ringan, dan kokoh.

2.4 Instalasi dan Sosialisasi

Pada tahap pemasangan lampu di lokasi yang telah disepakati bersama warga Pantai Seraya dan tokoh masyarakat setempat, yaitu Pak Amin selaku ketua RT setempat. Instalasi dilakukan dengan memperhatikan aspek keamanan, kemudahan akses listrik, serta posisi lampu yang efektif dalam menerangi area gelap. Setelah pemasangan, dilakukan sosialisasi kepada masyarakat mengenai cara penggunaan, pemeliharaan, dan manfaat dari lampu anti-korosi.

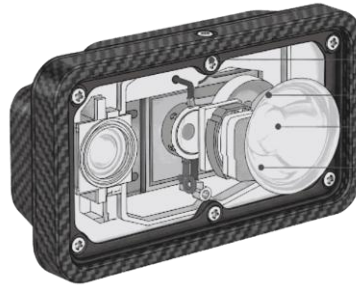
2.5 Evaluasi

Pada tahap evaluasi dilakukan peninjauan kinerja lampu di lapangan, efektivitas material serat karbon tahan korosi, serta dampaknya terhadap aktivitas masyarakat. Keberhasilan diukur dari jumlah lampu yang terpasang di titik strategis, penilaian warga terhadap kekokohan dan ketahanan material dari pengisian kuesioner, serta keterlibatan minimal 8 warga dalam pelatihan perawatan. Evaluasi dilakukan secara berkala untuk memastikan keberlanjutan program dan memberikan masukan perbaikan di tahap berikutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan inovasi sosial pembuatan lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan epoxy di Pantai Seraya Balikpapan berlangsung pada Juli hingga Oktober 2025. Tahapan pertama berupa survei lapangan yang dilakukan bersama tim dan perwakilan masyarakat setempat. Kegiatan ini meliputi observasi kondisi geografis, identifikasi titik-titik gelap yang berpotensi mengganggu aktivitas masyarakat, serta wawancara singkat dengan warga terkait kebutuhan penerangan. Dari hasil survei diperoleh informasi bahwa terdapat beberapa titik strategis yang sering digunakan warga untuk berkumpul dan beraktivitas pada malam hari, namun minim pencahayaan. Selain itu, masyarakat menekankan kebutuhan lampu yang tahan lama, serta tidak mudah berkarat, mengingat lampu sebelumnya rentan rusak akibat paparan udara laut yang lembab dan memiliki kadar garam tinggi. Temuan ini menjadi dasar penting dalam perancangan prototipe lampu.

Tahap perancangan prototipe kemudian difokuskan pada pengembangan desain lampu yang fungsional, efisien, dan memiliki ketahanan struktural tinggi. Material serat karbon dipilih karena sifatnya yang ringan namun kuat, sementara resin dan epoxy berfungsi sebagai perekat sekaligus pelapis yang mampu menahan korosi. Kombinasi material ini diproses dengan teknik *skinning*, yaitu metode pelapisan permukaan rangka lampu menggunakan serat karbon yang padat, rapat, serta memiliki perlindungan kuat terhadap pengaruh lingkungan pesisir. Desain juga mempertimbangkan aspek teknis seperti bentuk tiang, sudut pencahayaan, penggunaan lampu LED hemat energi, dan sistem kelistrikan sederhana yang dapat dirawat masyarakat secara mandiri. Tahap perancangan difokuskan pada pembuatan konsep desain lampu yang tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki ketahanan struktural tinggi. Material serat karbon, resin, dan epoxy dipilih karena memiliki keunggulan dibanding logam biasa. Serat karbon dikenal memiliki kekuatan tinggi namun ringan, sedangkan resin dan epoxy berfungsi sebagai perekat sekaligus pelapis yang mampu menahan korosi. Mapping dari prototipe lampu dengan bahan serat karbon, resin, dan epoxy pada Gambar 3.



Gambar 3. Mapping Rancangan Prototipe Lampu Anti-korosi

Sumber: Penulis, 2025

Perancangan menggunakan metode *skinning*, yaitu metode pelapisan material pada permukaan rangka lampu dengan serat karbon yang diikat resin dan epoxy. Teknik *skinning* menjadikan struktur lampu lebih padat, rapat, dan memiliki lapisan pelindung yang kuat terhadap pengaruh air laut. Dari sisi teknis, rancangan lampu juga memperhatikan bentuk tiang, sudut pencahayaan, jenis lampu LED hemat energi, serta sistem kelistrikan sederhana yang dapat dirawat masyarakat secara mandiri. Selanjutnya, prototipe lampu dibuat mengikuti rancangan tersebut dengan penerapan teknik *skinning*. Proses pengeringan dilakukan selama 3 (tiga) hari untuk menguji kestabilan material. Hasil uji coba awal menunjukkan bahwa prototipe tidak mengalami pengerutan maupun kerusakan, berbeda dengan bahan logam biasa yang cenderung berubah tekstur ketika terpapar kelembaban tinggi.

Hal ini membuktikan bahwa material serat karbon dengan resin dan epoxy merupakan kombinasi yang tepat untuk lingkungan pesisir. Pelaksanaan program inovasi sosial berupa pembuatan lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan epoxy dengan teknik *skinning* di wilayah pesisir Pantai Seraya Balikpapan telah melalui tahapan survey, perancangan, pembuatan, instalasi, dan evaluasi. Kegiatan ini menghasilkan prototipe lampu yang berhasil dipasang di beberapa titik strategis pesisir pantai. Hasil prototipe dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prototipe Lampu Anti-korosi

Sumber: Penulis, 2025

Uji coba awal dilakukan dengan proses pengeringan selama beberapa hari. Hasil menunjukkan bahwa material tidak mengalami pengerutan ataupun kerusakan, berbeda dengan bahan logam biasa menunjukkan perubahan pada tekstur. Hal ini menegaskan bahwa kombinasi material resin, epoxy, dan serat karbon dengan teknik *skinning* memang tepat untuk digunakan di kawasan pesisir. Prototipe lampu yang telah selesai dibuat kemudian dipasang pada beberapa titik strategis di Pantai Seraya, khususnya di area yang sebelumnya gelap dan sering digunakan masyarakat untuk beraktivitas malam hari. Instalasi dilakukan dengan memperhatikan aspek keamanan, akses listrik, dan kestabilan pondasi tiang lampu.



Gambar 5. Instalasi Lampu Anti-Korosi

Sumber: Penulis, 2025

Kegiatan instalasi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga menjadi momentum sosialisasi dan transfer pengetahuan. Warga diberikan wawasan terkait dengan material, teknik perawatan sederhana, serta pentingnya menjaga fasilitas bersama. Proses pemasangan menghasilkan keterlibatan aktif masyarakat yang ditandai dengan partisipasi 8 warga. Tabel berikut menunjukkan hasil evaluasi kinerja lampu di lapangan berdasarkan indikator jumlah lampu yang berfungsi, ketahanan material, serta respon masyarakat.

Tabel 1. Hasil Uji Kuesioner Lampu Anti-Korosi

Sumber: Penulis, 2025

No	Parameter	Nilai	Keterangan
1	Jumlah lampu terpasang	4	Baik
2	Kondisi lampu setelah pemasangan	4	Baik
3	Ketahanan material	4	Baik
4	Respon masyarakat	3.33	Sesuai
5	Partisipasi warga dalam perawatan	4	Aktif
Rata-rata Nilai		3.87	Sesuai

Hasil uji coba menunjukkan bahwa lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan epoxy dengan teknik *skinning* berhasil memenuhi tujuan program, yaitu menciptakan sarana penerangan yang tahan terhadap lingkungan pesisir. Dari dua unit lampu yang dipasang, seluruhnya berfungsi normal dan mampu memberikan pencahayaan yang stabil pada malam hari. Material serat karbon yang dilapisi resin dan epoxy terbukti efektif mencegah korosi akibat paparan udara pesisir laut. Hal ini mendukung ketahanan struktural lampu dalam jangka waktu lama. Selain itu, keterlibatan warga dalam proses instalasi dan pelatihan perawatan menunjukkan bahwa program ini tidak hanya bersifat teknis, akan tetapi juga sosial karena mendorong partisipasi aktif masyarakat. Dampak sosial yang muncul adalah meningkatnya kenyamanan dan keamanan warga saat beraktivitas pada malam hari, khususnya di area pesisir yang sebelumnya gelap. Dengan demikian, tim inovasi sosial dari kelompok Sparklez dapat menjadi model solusi teknologi tepat guna yang berkelanjutan untuk masyarakat pesisir.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat berupa inovasi lampu anti-korosi berbasis serat karbon dan resin epoxy di Pantai Seraya Balikpapan berhasil dilaksanakan melalui tahapan survei, perancangan, pembuatan prototipe, instalasi, hingga evaluasi, dengan hasil utama berupa

pemasangan lampu yang tahan korosi, berfungsi baik, dan mampu meningkatkan keamanan serta kenyamanan aktivitas malam hari masyarakat pesisir. Selain itu, keterlibatan aktif warga dalam proses instalasi dan perawatan menunjukkan tercapainya target program, yaitu menghadirkan solusi teknologi tepat guna yang berkelanjutan sekaligus memperkuat kemandirian masyarakat dalam menjaga fasilitas penerangan bersama.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Kalimantan atas dukungan dan pendanaan yang diberikan sehingga kegiatan ini dapat terlaksana. Terima kasih juga ditujukan kepada masyarakat Pantai Seraya atas partisipasi aktif dalam setiap tahapan kegiatan, serta kepada seluruh tim yang telah bekerja sama dengan baik hingga program inovasi lampu anti-korosi ini berjalan dengan sukses.

Daftar Pustaka

Kamid, T. S., Subagia, I. D. G. A., & Wirawan, I. K. G. (2019). Karakteristik komposit hibrida serat basalt–karbon epoksi resin pada perendaman air laut. *Jurnal Mettek*, 5(2), 45–52.

Natasya, T., Khairafah, M. E., Sembiring, B., Sari, M., & Hutabarat, L. N. (2022). Corrosion factors on nail. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 5(1), 47-50.

Pambudi, B. S. (2024). Varian jenis coating terhadap kekuatan adhesi dan laju korosi baja API 5L grade B dalam lingkungan air laut buatan. Tugas Akhir, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Pangestu, P. P., & Kusmono, K. (2025). Karakterisasi material coating berbasis komposit epoksi/cellulose nanofibers dan aplikasinya untuk pengendalian korosi pada baja karbon. Tesis Magister, Universitas Gadjah Mada.

Pulungan, M. A., & Sutikno, S. (2017). Pengaruh Ketebalan Terhadap Daya Serap Energi Impak pada Rompi Anti Peluru yang Terbuat dari Komposit Hgm-Epoxy Dan Serat Karbon. *Inotera*, 2(2), 32-35.

Pian, W., Zhou, Y., & Xiao, T. (2023, October). A review of the feasibility of aluminum alloys, carbon fiber composites and glass fiber composites for vehicle weight reduction in the automotive industry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2608, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.

Ramachandrarao, M., Khan, S. H., & Abdullah, K. (2025). Carbon nanotubes and nanofibers–reinforcement to carbon fiber composites-synthesis, characterizations and applications: A review. *Composites Part C: Open Access*, 16, 100551.

Rentizelas, A., & Trivyza, N. L. (2022). Enhancing circularity in the car sharing industry: Reverse supply chain network design optimisation for reusable car frames. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 863-879.

Wu, D., Yao, Z., Sun, X., Liu, X., Liu, L., Zhang, R., & Wang, C. (2022). Mussel-tailored carbon fiber/carbon nanotubes interface for elevated interfacial properties of carbon fiber/epoxy composites. *Chemical Engineering Journal*, 429, 132449.

Yalçınkaya, S., Mertgenç Yoldaş, D., & Yoldaş, M. F. (2025). Experimental Investigation of the Effect of Seawater on Glass and Carbon Fiber Composites via Mechanical Characterization. *Journal of Composites Science*, 9(3), 107.