



PENERAPAN TEKNOLOGI *FORGED CARBON COMPRESSION SPLIT MOULDING* (FCCSM) UNTUK MENDUKUNG INDUSTRI HIJAU DAN *ZERO WASTE* PADA UKM KOMPONEN BERBAHAN KARBON FIBER

Ahmad Roziqin^{1*}, Bayu Bagas Hapsoro², & Shohihatur Rohman³

^{1&3}Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

²Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

*Email: ar_unnes@mail.unnes.ac.id

Submit: 15-10-2025; Revised: 21-10-2025; Accepted: 22-10-2025; Published: 24-10-2025

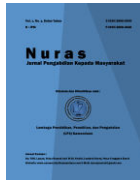
ABSTRAK: Penggunaan serat karbon (*carbon fiber reinforced plastic*) dalam industri komponen otomotif menghasilkan limbah yang cukup signifikan, yaitu mencapai 15-20% dari total bahan baku. Mitra pengabdian, BPM Carbon Works Semarang, sebelumnya menangani limbah tersebut dengan cara dibakar, yang menimbulkan permasalahan lingkungan dan ekonomi. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui penerapan teknologi *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM). Metode yang digunakan meliputi ceramah, demonstrasi, praktik langsung, serta pendampingan dalam merancang cetakan *split mold* dua dan empat bagian, serta mengolah limbah serat karbon menjadi produk bernilai komersial. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa jumlah limbah mitra berkurang dari 20% menjadi 5%, dan pemahaman mitra meningkat secara signifikan dengan skor *N-Gain* sebesar 0,73 dan 0,75 (kategori tinggi). Selain itu, keuntungan mitra meningkat sebesar 15%. Program ini tidak hanya menyelesaikan permasalahan lingkungan, tetapi juga memberdayakan ekonomi mitra, sejalan dengan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa teknologi FCCSM efektif dalam mewujudkan *zero waste industry*, dan disarankan untuk dilakukan pendampingan berkelanjutan serta kolaborasi dengan pemerintah daerah.

Kata Kunci: FCCSM, Industri Hijau, Limbah Serat Karbon, UKM Otomotif, *Zero Waste*.

ABSTRACT: The use of carbon fiber (*carbon fiber reinforced plastic*) in the automotive component industry produces significant waste, reaching 15-20% of the total raw materials. The community service partner, BPM Carbon Works Semarang, previously handled this waste by incineration, which caused environmental and economic problems. This community service program aims to address these problems through the application of *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) technology. The methods used include lectures, demonstrations, hands-on practice, and assistance in designing two- and four-part split molds, as well as processing carbon fiber waste into commercially valuable products. The results of the activity show that the amount of partner waste is reduced from 20% to 5%, and partner understanding increases significantly with *N-Gain* scores of 0.73 and 0.75 (high category). In addition, partner profits increase by 15%. This program not only solves environmental problems, but also empowers the partner's economy, in line with the achievement of sustainable development goals (SDGs). Thus, it can be concluded that FCCSM technology is effective in achieving a zero-waste industry, and ongoing mentoring and collaboration with local governments are recommended.

Keywords: FCCSM, Green Industry, Carbon Fiber Waste, Automotive SMEs, *Zero Waste*.

How to Cite: Roziqin, A., Hapsoro, B. B., & Rohman, S. (2025). Penerapan Teknologi *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) untuk Mendukung Industri Hijau dan *Zero Waste* pada UKM Komponen Berbahan Karbon Fiber. *Nuras : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(4), 226-233. <https://doi.org/10.36312/nuras.v5i4.730>



PENDAHULUAN

Permintaan terhadap komponen berbahan serat karbon (*Carbon Fiber Reinforced Plastic/CFRP*) di Indonesia menunjukkan peningkatan seiring dengan berkembangnya berbagai sektor industri, terutama industri otomotif. Material CFRP dipilih karena memiliki karakteristik unggul, yaitu: kuat, ringan, tahan terhadap korosi, dan mudah dibentuk (Rajak *et al.*, 2021). Meskipun demikian, proses produksinya menghasilkan limbah material dalam jumlah yang cukup besar, yaitu sekitar 15-20% dari total bahan baku, akibat adanya pola pemotongan yang dilebihkan untuk menjaga kualitas produk (Lefevre *et al.*, 2017). Limbah CFRP sulit terurai secara alami dan tidak mudah terbakar, sehingga penanganan dengan metode tradisional seperti penimbunan atau pembakaran dapat menimbulkan permasalahan lingkungan dan kerugian ekonomi (Rani *et al.*, 2021).

BPM *Carbon Works*, salah satu Industri Kecil dan Menengah (IKM) komponen otomotif di Semarang, menghadapi permasalahan serupa. Selama ini, limbah serat karbon hanya dikumpulkan dan dibakar, sehingga tidak hanya mencemari lingkungan, tetapi juga menyia-nyiakan potensi nilai ekonomi dari bahan baku yang bernilai tinggi. Kondisi tersebut bertentangan dengan semangat revolusi hijau dan industri hijau yang digalakkan oleh pemerintah melalui berbagai peraturan (Damayanti, 2015). Praktik pengelolaan limbah yang diterapkan masih bersifat tradisional, yakni dengan cara pengumpulan dan pembakaran terbuka, yang tidak hanya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga menghilangkan potensi nilai ekonomi dari bahan baku bernilai tinggi tersebut (Faradila *et al.*, 2022). Kondisi ini semakin memprihatinkan mengingat harga serat karbon *virgin* mencapai Rp. 1.200.000-Rp. 1.800.000 per kilogram.

Salah satu solusi inovatif untuk mendaur ulang limbah serat karbon adalah melalui penerapan teknologi *Forged Carbon Compression Moulding* (FCCSM). Teknologi ini memanfaatkan serpihan serat karbon yang dicampur dengan resin, kemudian dikompresi di dalam cetakan menggunakan tekanan dan suhu tinggi untuk menghasilkan komponen baru yang memiliki kekuatan tinggi serta nilai ekonomi yang signifikan (Witik *et al.*, 2023). Metode ini telah terbukti efektif pada industri berskala besar, misalnya dalam pembuatan komponen pesawat *Boeing 787*. Proses dimulai dengan pemotongan limbah serat karbon menjadi serpihan berukuran 2-10 mm, kemudian dicampur dengan resin *termoset* dengan perbandingan 60:40. Campuran tersebut selanjutnya ditempatkan ke dalam cetakan yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak CAD dan diproduksi melalui proses *CNC milling* (Kumar *et al.*, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, program pengabdian ini bertujuan untuk: 1) menerapkan teknologi *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) untuk mengolah limbah serat karbon mitra; 2) meningkatkan kapasitas SDM mitra dalam mengelola limbah dan memproduksi komponen daur ulang; 3) mendorong terwujudnya *zero waste industry* dan industri hijau pada

IKM mitra; dan 4) meningkatkan nilai ekonomi limbah melalui penciptaan produk baru berdasarkan olahan *forged carbon* yang dapat dipasarkan.

METODE

Program pengabdian dilaksanakan di BPM *Carbon Works*, Semarang. Pendekatan yang digunakan adalah partisipatif, melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan. Kegiatan dilakukan dalam durasi waktu satu bulan dengan jumlah peserta pelatihan 10 orang dari pihak mitra. Metode pelaksanaan dirancang untuk memastikan transfer pengetahuan dan keterampilan yang berkelanjutan.

Ceramah dan Diskusi

Tahap awal berupa sosialisasi konsep industri hijau, *zero waste*, dan prinsip dasar teknologi FCCSM. Metode ini digunakan untuk membangun pemahaman dan komitmen mitra (Rikawati & Sitinjak, 2020).

Demonstrasi

Tim pengabdian memperagakan secara langsung proses pembuatan cetakan (*split mold*) dan proses pencetakan komponen menggunakan limbah serat karbon (Endatani *et al.*, 2020).

Praktik Langsung

Mitra secara langsung melakukan praktik, mulai dari persiapan cetakan, pencampuran serat karbon dan resin, pengisian cetakan, hingga proses kompresi dan demolding (Wahyuni, 2019).

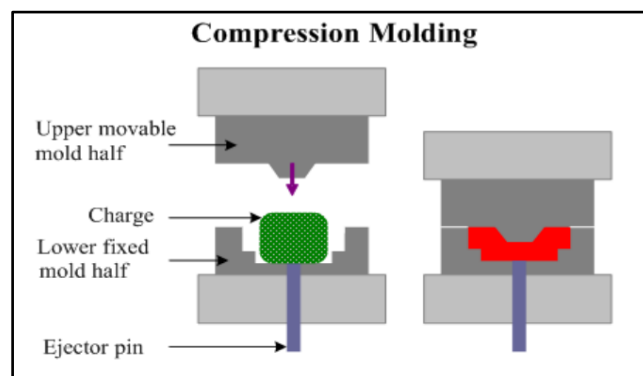
Pendampingan

Tim memberikan pendampingan intensif selama proses pelaksanaan, baik secara langsung maupun melalui komunikasi jarak jauh, untuk memastikan mitra dapat menguasai teknologi secara mandiri.

Evaluasi

Evaluasi ini dilakukan dengan menganalisis data selama proses pelaksanaan dan juga dari soal tes dan kuisioner yang diberikan kepada peserta sebelum dan setelah pelaksanaan pelatihan.

Alat dan bahan yang digunakan meliputi perangkat lunak CAD untuk desain, mesin CNC dan 3D printer untuk pembuatan cetakan (*split mold 2 dan 4 pieces*), resin, limbah serat karbon, dan peralatan kompresi. Evaluasi keberhasilan program diukur melalui *pretest* dan *posttest* pemahaman mitra, pengukuran persentase pengurangan limbah, dan penambahan jenis produk mitra.



Gambar 1. Metode *Compression Molding* (Liu *et al.*, 2022).



Gambar 1 merupakan gambaran teknologi *forged carbon* yang diterapkan kepada mitra. Penerapan teknologi ini dilakukan secara bertahap berdasarkan perencanaan yang telah disusun sesuai dengan teori serta prosedur kegiatan pengabdian yang relevan.

HASIL DAN DISKUSI

Tahapan awal kegiatan pengabdian dilakukan dengan membuat desain cetakan untuk pengolahan sampah sisa serat dan serbuk karbon. Alat bantu ini harus dirancang secara detail dan presisi untuk menghasilkan cetakan yang berkualitas. Desain cetakan *forged carbon* dibuat dengan memperhatikan bentuk dan fungsi, agar memudahkan proses pencetakan. Desain tersebut kemudian direalisasikan menjadi cetakan fisik yang siap digunakan untuk mencetak material serat karbon. Proses perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD guna memastikan presisi dimensi dan kemudahan proses produksi. Desain juga memperhatikan aspek *draft angle* untuk memfasilitasi pelepasan produk, ketebalan dinding yang seragam, serta sistem pengunci (*locking system*) yang efektif.

Realisasi desain menjadi cetakan fisik dilakukan dengan menggunakan material yang memiliki stabilitas termal tinggi, sehingga mampu menahan ekspansi selama proses *curing*. Setelah tahap pembuatan dan persiapan cetakan selesai, cetakan digunakan untuk mengolah sisa serat karbon menjadi komponen baru. Mitra berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini sehingga terjadi transfer keterampilan dan teknologi.

Tahapan berikutnya setelah realisasi cetakan adalah proses uji coba (*trial molding*) untuk memastikan fungsi dan kualitas cetakan sesuai dengan rancangan. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap hasil cetakan, seperti ketepatan bentuk, kekasaran permukaan, serta kemudahan pelepasan produk dari cetakan. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan penyesuaian desain atau perbaikan pada cetakan guna mencapai hasil optimal. Hasil uji coba yang berhasil kemudian dijadikan acuan dalam proses produksi berkelanjutan, sehingga mitra dapat mengimplementasikan teknologi ini secara mandiri dalam pengolahan limbah serat karbon menjadi produk bernilai tambah.

Peningkatan Pemahaman dan Keterampilan Mitra

Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* terhadap 10 orang peserta pelatihan dari pihak mitra, terjadi peningkatan pemahaman yang signifikan pada seluruh aspek yang diukur. Analisis *N-Gain* menunjukkan peningkatan dengan kategori tinggi pada pemahaman mengenai industri hijau ($N\text{-Gain} = 0,73$) dan metode *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) ($N\text{-Gain} = 0,75$). Sementara itu, peningkatan dengan kategori sedang ($N\text{-Gain} = 0,50$) terjadi pada aspek pemahaman prosedur pekerjaan FCCSM, yang mengindikasikan bahwa penerapan praktik membutuhkan waktu dan pembiasaan lebih lanjut. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi metode ceramah, demonstrasi, dan praktik efektif dalam proses transfer pengetahuan dan keterampilan (Jabarullah & Hussain, 2019). Melalui kegiatan demonstrasi, mitra dapat memahami secara menyeluruh alur dan detail proses pekerjaan, serta menunjukkan sikap aktif dengan bertanya ketika mengalami kesulitan memahami materi (Endayani *et al.*, 2020).



Gambar 2. Kegiatan Pelaksanaan Pengabdian.

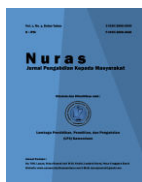
Meski awalnya merasa canggung, pendampingan yang intensif dari tim pengabdian membuat mitra semakin percaya diri. Kini mitra tidak hanya paham teori tetapi mampu mengoperasikan seluruh proses secara mandiri.

Pengurangan Limbah dan Penciptaan Produk Bernilai Ekonomi

Sebelum dilakukan intervensi, tingkat limbah produksi mitra mencapai 15-20%. Setelah penerapan teknologi *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM), persentase limbah berhasil ditekan menjadi hanya 5%. Limbah serat karbon yang sebelumnya dibakar kini dapat diolah kembali menjadi berbagai komponen otomotif kecil yang presisi dan memiliki nilai jual, seperti tuas rem dan aksesoris kendaraan. Hasil ini sejalan dengan temuan Muflikhun *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa adopsi teknologi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan material komposit. Dampak positif dari penerapan ini terlihat pada peningkatan keuntungan mitra sebesar 15%, yang diperoleh melalui penghematan biaya bahan baku serta penjualan produk hasil daur ulang. Selain itu, proses pembakaran limbah yang sebelumnya rutin dilakukan telah berhenti sepenuhnya sejak bulan kedua implementasi program. Mitra juga menunjukkan antusiasme tinggi dengan mengalokasikan area khusus untuk kegiatan pengolahan limbah dan penyimpanan produk daur ulang.

Penguasaan Teknologi FCCSM dan Inovasi Cetakan

Mitra berhasil didampingi dalam merancang dan memproduksi dua jenis cetakan, yaitu *split mold* dua bagian (2 *pieces*) dan empat bagian (4 *pieces*). Cetakan dengan empat bagian memungkinkan produksi komponen dengan geometri yang lebih kompleks. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Rahman & Luqyana (2024) yang menunjukkan bahwa teknik *compression molding* dapat digunakan untuk mengolah sisa limbah menjadi produk baru yang bernilai guna. Mitra kini telah mampu menjalankan seluruh proses *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) secara mandiri, mulai dari persiapan cetakan, pencampuran material, pengisian cetakan, proses kompresi, hingga tahap *finishing* produk. Teknologi ini menjadi aset berharga bagi mitra untuk berinovasi dalam menghasilkan produk baru. Selain itu, mitra telah mampu



melakukan modifikasi secara independen pada proses pencampuran material guna memperoleh hasil *finishing* yang lebih baik. Mereka juga mulai mengembangkan variasi produk baru berdasarkan permintaan pasar. Dengan implementasi teknologi ini, peluang pasar baru semakin terbuka (Roziqin *et al.*, 2022).

Dukungan terhadap Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Keberhasilan program ini berkontribusi langsung terhadap beberapa SDGs: 1) SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi): Peningkatan omzet dan diversifikasi produk menciptakan pertumbuhan ekonomi yang inklusif bagi IKM; 2) SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur): Penerapan FCCSM adalah inovasi tepat guna yang meningkatkan kapasitas dan daya saing industri kecil; 3) SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab): Program ini adalah implementasi nyata ekonomi sirkular, mengubah limbah menjadi sumber daya, sehingga mendukung pola produksi yang berkelanjutan; 4) SDG 4 (Pendidikan Berkualitas): Seluruh proses merupakan bentuk pendidikan vokasi dan peningkatan kapasitas SDM yang berkualitas; dan (5) SDG 17 (Kemitraan untuk Mencapai Tujuan): Keberhasilan ini dicapai melalui kemitraan yang solid antara akademisi (UNNES) dan industri mitra (BPM Carbon Works).

Tantangan dan hambatan mitra membutuhkan waktu adaptasi yang cukup panjang untuk menguasai seluruh proses FCCSM, terutama dalam pembuatan cetakan 4 *pieces* yang kompleks, limbah serat karbon yang berasal dari berbagai sumber memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dan dibutuhkan proses *sorting* dan *pretreatment* yang teliti untuk memastikan kualitas produk akhir konsisten. Dengan pelaksanaan pengabdian secara intensif dan pendampingan atas permasalahan yang dihadapi oleh mitra, masalah tersebut dapat teratasi dengan baik.

SIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat ini telah berhasil menerapkan teknologi *Forged Carbon Compression Split Moulding* (FCCSM) di BPM Carbon Works. Teknologi tersebut terbukti efektif dalam mengurangi limbah produksi dari 20% menjadi 5%, meningkatkan pemahaman dan keterampilan SDM mitra, serta meningkatkan keuntungan usaha sebesar 15%. Selain memberikan solusi terhadap permasalahan lingkungan, program ini juga memperkuat kemandirian ekonomi mitra dan sejalan dengan prinsip *green industry* serta pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 8, SDG 9, dan SDG 12. Hasil pendampingan menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi teknologi FCCSM sangat dipengaruhi oleh keterlibatan aktif mitra, kualitas bimbingan teknis, serta konsistensi dalam pelaksanaan monitoring.

SARAN

Untuk kegiatan selanjutnya, agar program ini memberikan dampak yang lebih luas, perlu dirancang modul pelatihan berbasis praktik langsung yang mencakup simulasi proses *compression moulding* dan pengelolaan limbah. Perlu juga ditambahkan pelatihan mengenai manajemen produksi, pencatatan biaya, serta strategi pemasaran produk berbasis teknologi hijau. Pengakuan formal terhadap keterampilan baru yang diperoleh juga perlu didorong melalui skema



sertifikasi yang bekerja sama dengan lembaga pelatihan industri. Dengan demikian, peserta pelatihan tidak hanya memperoleh keterampilan teknis, tetapi juga kemampuan manajerial yang mendukung keberlanjutan dan daya saing produk di pasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Negeri Semarang yang telah mendanai program pengabdian ini melalui skema Pengabdian Kemitraan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mitra BPM *Carbon Works* atas kerjasama dan partisipasi aktif selama pelaksanaan program.

REFERENSI

- Damayanti, A. (2015). Implementasi Kebijakan Industri Hijau Berbasis Pembangunan Berkelanjutan. *Disertasi*. Universitas Brawijaya.
- Endayani, T. B., Rina, C., & Agustina, M. (2020). Metode Demonstrasi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Al-Azkiya : Jurnal Ilmiah Pendidikan MI/SD*, 5(2), 150-158. <https://doi.org/10.32505/al-azkiya.v5i2.2155>
- Faradila, A., Rezaldi, A., Riananda, F., Farlina, I., & Nadirah, S. (2022). Pendampingan Pengolahan Sampah di Desa Kalawara. *Menara Kearifan : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 88-98.
- Jabarullah, N. H., & Hussain, H. I. (2019). The Effectiveness of Problem-Based Learning in Technical and Vocational Education in Malaysia. *Education + Training*, 61(5), 552-567. <https://doi.org/10.1108/ET-06-2018-0129>
- Kumar, A., Dixit, S., Singh, S., Sreenivasa, S., Bains, P. S., & Sharma, R. (2025). Recent Developments in the Mechanical Properties and Recycling of Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Polymer Composites*, 46(5), 3883-3908. <https://doi.org/10.1002/pc.29261>
- Lefevre, A., Garnier, S., Jacquemin, L., Pillain, B., & Sonnemann, G. (2017). Anticipating in-Use Stocks of Carbon Fiber Reinforced Polymers and Related Waste Flows Generated by the Commercial Aeronautical Sector Until 2050. *Resources, Conservation and Recycling*, 125(1), 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.023>
- Muflikhun, M. A., & Nuryanta, M. I. (2024). *Komposit Serat Alam Pengenalan: Sifat Mekanis-Proses Manufaktur dan Perkembangannya*. Yogyakarta: UGM Press.
- Rahman, M., & Luqyana, D. (2024). Modification of Compression Molding Mold for Bio-Composite Roof Tile Application: Modifikasi Mold Compression Molding untuk Aplikasi Genteng Bio-Composite. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (pp. 239-246). Jakarta, Indonesia: Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
- Rajak, D. K., Wagh, P. H., & Linul, E. (2021). Manufacturing Technologies of Carbon/Glass Fiber-Reinforced Polymer Composites and Their Properties: A Review. *Polymers*, 13(21), 1-42. <https://doi.org/10.3390/polym13213721>
- Rani, M., Choudhary, P., Krishnan, V., & Zafar, S. (2021). A Review on Recycling and Reuse Methods for Carbon Fiber/Glass Fiber Composites



- Waste from Wind Energy Sectors. *Composites Science and Technology*, 215(1), 108768. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.108768>
- Rikawati, K., & Sitinjak, D. (2020). Peningkatan Keaktifan Belajar Siswa dengan Penggunaan Metode Ceramah Interaktif. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 2(2), 40-48. <https://doi.org/10.21580/jec.2020.2.2.6059>
- Roziqin, A., Suwahyo, S., Septiyanto, A., Anggoro, A. B., & Herunandi, R. I. D. (2022). Pelatihan Produksi *Silencer Free Flow* Ramah Lingkungan bagi Bengkel Knalpot dan Bengkel Las. *Surya Abdimas*, 6(3), 432-440. <https://doi.org/10.37729/abdimas.v6i3.1665>
- Wahyuni, N. (2019). Efektivitas Pembelajaran dengan Menggunakan Metode Praktik untuk Mata Pelajaran Produktif Jurusan Administrasi Perkantoran di SMK Nasional Makassar. *Skripsi*. Universitas Negeri Makassar.
- Witik, R. A., Gaille, F., Teuscher, R., Ringwald, H., Michaud, V., & Manson, J. A. E. (2012). Economic and Environmental Assessment of Alternative Production Methods for Composite Aircraft Components. *Journal of Cleaner Production*, 30(3), 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.028>