

Manufaktur Fairing Landing Gear Pada Pesawat Cessna 172N PK-SDQ

Muhammad Rizal Andri Prayoga¹, Syarif Hidayat¹, Farhan Firmansyah¹, Ine Rosiana¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : muhammad.rizal.aer22@polban.ac.id

E-mail : syahid@polban.ac.id

E-mail : ine.rosiana.aer22@polban.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menerapkan proses manufaktur *fairing landing gear* pada pesawat Cessna 172N dengan menekankan pada tahapan produksi menggunakan material komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*). *Fairing* berfungsi sebagai pelindung komponen roda pendarat serta membantu mengurangi hambatan aerodinamika. Fokus utama dalam penelitian ini adalah pada proses manufaktur, yang dimulai dari tahap desain dan pembuatan pola, pembuatan cetakan (*mold*), proses laminasi manual, hingga teknik *vacuum bagging* untuk memperoleh kekuatan dan kualitas permukaan yang optimal. Seluruh proses dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan presisi bentuk, rasio resin terhadap serat, serta kontrol terhadap tekanan dan suhu selama *curing*. Hasil manufaktur dievaluasi berdasarkan kesesuaian dimensi, kekuatan struktural, serta kualitas permukaan produk akhir. Penelitian ini menunjukkan bahwa proses manufaktur yang diterapkan mampu menghasilkan *fairing* yang sesuai spesifikasi, kuat, ringan, dan layak untuk digunakan sebagai komponen pengganti. Pendekatan ini juga dinilai efisien secara biaya dan dapat direplikasi untuk kebutuhan pemeliharaan atau rekondisi komponen sejenis.

Kata Kunci

Manufaktur, *Fairing*, *Landing Gear*, GFRP, Cessna 172N, Komposit.

This study aims to examine and implement the manufacturing process of landing gear fairings for the Cessna 172N aircraft, with a focus on the production stages using Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) composite materials. The fairing serves to protect the landing gear components and helps reduce aerodynamic drag. The primary focus of this research is on the manufacturing process, which includes the stages of design and pattern making, mold fabrication, manual lamination, and the application of vacuum bagging techniques to achieve optimal strength and surface quality. The entire process is carried out manually, with careful consideration of shape precision, resin-to-fiber ratio, and control of pressure and temperature during the curing process. The manufactured product is evaluated based on dimensional accuracy, structural strength, and final surface quality. The results show that the applied manufacturing process successfully produces a fairing that meets specifications, is strong, lightweight, and suitable for use as a replacement component. This approach is also considered cost-efficient and can be replicated for maintenance or refurbishment of similar components.

Keywords

Manufacturing, *Fairing*, *Landing Gear*, GFRP, Cessna 172N, Composite

1. PENDAHULUAN

Fairing merupakan komponen eksternal pada pesawat udara yang berperan penting dalam melindungi sistem mekanis dari kerusakan fisik, kontaminasi, serta paparan lingkungan seperti debu, lumpur, atau cipratan air. Salah satu *fairing* yang memiliki peran signifikan adalah *fairing* pada area roda pendarat (*landing gear*), meskipun bukan bagian dari struktur utama pesawat. *Fairing landing gear* juga berfungsi mengurangi hambatan aerodinamika, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penerbangan dan memperpanjang usia pakai komponen roda pendarat.

Pesawat Cessna 172N merupakan salah satu pesawat latih ringan yang paling banyak digunakan di Indonesia, termasuk dalam kegiatan pendidikan vokasi penerbangan. Salah satu

unit Cessna 172N berregistrasi PK-SDQ beroperasi sebagai sarana pelatihan di lingkungan pendidikan tersebut. Namun, seiring meningkatnya usia pesawat dan frekuensi penggunaan, kerusakan pada komponen eksternal seperti *fairing landing gear* sering terjadi, di antaranya berupa retakan, deformasi, atau kehilangan komponen. Penggantian komponen asli (OEM) kerap terkendala tingginya biaya, keterbatasan suku cadang, dan waktu tunggu yang lama.

Sebagai alternatif solusi, proses manufaktur ulang atau *reverse engineering* menjadi metode yang rasional, khususnya di lingkungan pendidikan vokasi yang memiliki fasilitas perbengkelan dasar. Salah satu teknik manufaktur yang efektif dan banyak digunakan adalah metode *hand lay-up* dan laminasi berbahan dasar komposit. Metode ini menggunakan kombinasi serat dan resin yang disusun di atas cetakan untuk menghasilkan struktur komposit yang ringan, kuat, dan sesuai

kontur komponen pesawat. Selain efisien dan ekonomis, metode ini dapat diaplikasikan di bengkel pendidikan dengan peralatan sederhana, serta memberikan pengalaman praktis bagi mahasiswa.

Penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas metode *hand lay-up* dan material komposit dalam pembuatan *fairing*. Ahmad et al. (2019) menunjukkan bahwa *fairing* berbahan fiberglass dengan metode *hand lay-up* mampu menghasilkan komponen yang ringan dan cukup kuat untuk pesawat tanpa awak. Siregar (2021) melaporkan bahwa produksi lokal *fairing* berbasis komposit dapat menghemat hingga 40% biaya dibandingkan dengan pembelian suku cadang baru tanpa menurunkan kualitas. Selain itu, Prasetyo dan Nugroho (2020) membuktikan bahwa teknik ini dapat diterapkan oleh tenaga teknis pemula dengan hasil akhir yang memenuhi spesifikasi dimensi pabrikan.

Namun demikian, penelitian terkait manufaktur ulang *fairing landing gear* untuk pesawat Cessna 172N, khususnya di lingkungan pendidikan vokasi di Indonesia, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendokumentasikan serta menganalisis proses manufaktur *fairing landing gear* pesawat Cessna 172N PK-SDQ dengan metode *hand lay-up* dan laminasi, sekaligus meningkatkan kompetensi praktis mahasiswa dalam bidang manufaktur berbasis material komposit.

Penelitian ini dilaksanakan oleh tim yang terdiri dari tiga mahasiswa dengan pembagian tugas spesifik, yakni proses manufaktur (pembuatan cetakan, penataan serat, resinasi, *curing*), desain ulang (pengukuran, pembuatan model 2D dan 3D, *layout* cetakan), serta aspek analisis (pengujian kekuatan tarik material, evaluasi hasil akhir).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses *hand lay-up*, yang masih banyak diterapkan di skala pendidikan dan produksi terbatas, tetap menjadi metode penting untuk pembuatan struktur komposit seperti *fairing*. Meskipun sederhana dan murah, penelitian menunjukkan bahwa metode ini rentan menghasilkan cacat seperti *void* dan ketidakteraturan ketebalan, yang selanjutnya memengaruhi karakteristik mekanik dan kualitas permukaan komponen.

Studi oleh Kim et al. (2021) dan penelitian terkait lainnya menunjukkan bahwa metode seperti *vacuum infusion* dan RTM (*Resin Transfer Molding*) mampu menghasilkan komposit dengan tingkat porositas rendah dan konsistensi bentuk yang tinggi, tetapi membutuhkan peralatan lebih mahal. Dalam konteks pendidikan vokasi, *hand lay-up* masih relevan karena mudah, hemat biaya, dan fleksibel meski kekurangannya perlu diperhatikan.

Analisis struktur *sandwich* dan penggunaan GFRP dalam *fairing* kendaraan telah menunjukkan bahwa kontrol pola lapisan dan arah serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekaniknya. Misalnya, dalam *fairing* kendaraan, toleransi

dimensi ± 5 mm dan pengurangan bobot hingga 10% dapat dicapai dengan desain laminasi optimal. Di sisi lain, RTM menunjukkan konsistensi bentuk yang lebih tinggi dibanding metode manual.

Tren penggunaan komposit berbasis serat kaca terus meningkat di industri penerbangan. Sejumlah studi industri menyampaikan bahwa GFRP adalah alternatif ringan, tahan korosi, dan relatif ekonomis dibanding logam, serta cocok sebagai bahan *fairing* eksternal pesawat karena sifat mekaniknya dan fleksibilitas manufakturnya.

2.1 Landasan Teori

Cessna 172N merupakan pesawat ringan bermesin tunggal yang diproduksi oleh *Cessna Aircraft Company*. Sejak peluncuran perdananya pada tahun 1956, Cessna 172 dikenal sebagai salah satu pesawat dengan produksi terbanyak di dunia, dengan lebih dari 44.000 unit yang telah diproduksi. Varian 172N, yang diproduksi antara tahun 1977 hingga 1986, menjadi salah satu model paling populer dalam seri ini. Pesawat ini ditenagai oleh mesin *Lycoming O-320-E2D* dengan daya 160 *horsepower*, yang membuatnya memiliki daya jelajah memadai dan efisiensi bahan bakar yang baik.

Desain Cessna 172N Skyhawk relatif sederhana namun sangat efisien, sehingga ideal digunakan sebagai pesawat latih di sekolah-sekolah penerbangan maupun untuk keperluan pribadi. Keunggulan pesawat ini terletak pada kestabilan penerbangan, kemudahan pengoperasian, serta biaya perawatan yang relatif rendah. Dengan kapasitas hingga empat penumpang, pesawat ini juga banyak digunakan untuk penerbangan jarak pendek, survei udara, dan keperluan rekreasi.

Sistem roda pendarat atau landing gear pada Cessna 172N mengadopsi desain *tricycle landing gear*, yaitu konfigurasi tiga roda dengan dua roda utama di bawah sayap dan satu roda hidung di bawah bagian depan pesawat. Konfigurasi ini memberikan stabilitas lebih baik saat pesawat berada di darat, memudahkan manuver, serta meningkatkan keselamatan selama lepas landas dan pendaratan. Namun, desain roda pendarat tersebut berpotensi meningkatkan hambatan aerodinamika (*drag*) selama penerbangan, sehingga pemasangan *fairing* menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi dan performa pesawat.

2.2 Fairing Landing Gear

Fairing landing gear merupakan komponen aerodinamika yang dipasang di sekitar area roda dan strut landing gear pesawat. Tujuan utama pemasangan *fairing* adalah memperhalus aliran udara, mengurangi turbulensi, serta menurunkan hambatan udara (*drag*) yang ditimbulkan oleh struktur roda dan kaki pendarat pesawat. Pengurangan *drag* ini berdampak langsung pada peningkatan efisiensi bahan bakar, kecepatan jelajah, dan performa pesawat secara keseluruhan.

Menurut Cheng et al. (2019), landing gear menjadi salah satu sumber utama drag pada pesawat ringan, terutama saat fase *take-off* dan pendaratan di mana kecepatan relatif rendah dan aliran udara di sekitar roda sangat mempengaruhi karakteristik aerodinamika. Dengan adanya fairing, aliran udara dapat mengalir lebih mulus di sekitar struktur roda, mengurangi turbulensi, dan meningkatkan stabilitas pesawat.

Terdapat dua jenis *fairing* yang umum digunakan, yaitu full fairing dan partial *fairing*. *Full fairing* menutupi seluruh sistem *landing gear*, termasuk roda dan strut, sehingga mampu memberikan pengurangan *drag* yang signifikan. Namun, penggunaan *full fairing* cenderung menambah bobot pesawat dan meningkatkan biaya perawatan. Sebaliknya, partial fairing hanya melindungi sebagian area landing gear seperti strut atau bagian belakang roda. *Partial fairing* lebih ringan, mudah dalam perawatan, dan memberikan keseimbangan antara efisiensi aerodinamika dan bobot pesawat (Lee et al., 2017; Wright, 2012).

Material yang digunakan dalam pembuatan *fairing* berperan penting dalam menentukan kinerja dan keandalan komponen tersebut. Berdasarkan studi oleh Lee et al. (2017) dan Patel (2018), material *fairing* umumnya menggunakan aluminium, plastik, atau komposit seperti *fiberglass* atau karbon *fiber*. Aluminium banyak dipilih karena ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk, sementara plastik menawarkan harga yang lebih ekonomis meskipun memiliki kekuatan struktural yang terbatas. Material komposit seperti *fiberglass* memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tinggi, bobot ringan, fleksibilitas bentuk, dan ketahanan terhadap korosi, sehingga menjadi pilihan utama untuk komponen *fairing* pada pesawat ringan seperti Cessna 172N.

2.3 Material Komposit

Material komposit adalah gabungan dua atau lebih material yang memiliki sifat dasar berbeda, di mana masing-masing komponen tetap mempertahankan karakteristiknya, tetapi menghasilkan material baru dengan kombinasi sifat yang lebih unggul. Istilah "*composite*" berasal dari kata "*to compose*", yang berarti menyusun atau menggabungkan. Komposit terdiri dari dua elemen utama, yaitu serat penguat (*reinforcement*) dan matriks.

Serat penguat biasanya berupa serat kaca, karbon, atau aramid yang berfungsi meningkatkan kekuatan mekanis dan kekakuan material. Dua karakteristik mekanis utama serat adalah kekuatan tarik (*tensile strength*) yang merupakan kemampuan material untuk menahan gaya tarik tanpa mengalami deformasi atau patah, serta modulus elastisitas (*elastic modulus*) yang mengukur kekakuan material, yaitu seberapa jauh material dapat mengalami regangan atau susut sebagai *respons* terhadap tegangan. Semakin tinggi modulus elastisitas, semakin kecil deformasi yang terjadi.

Matriks berfungsi sebagai perekat yang mengikat serat-serat penguat dalam struktur komposit. Umumnya matriks terbuat

dari resin polimer seperti epoksi atau poliester. Matriks memiliki peran utama sebagai medium pengikat antar serat, mendistribusikan beban secara merata ke seluruh struktur, memberikan stabilitas struktural, serta melindungi serat penguat dari kerusakan akibat lingkungan seperti korosi atau abrasi.

Kombinasi serat dan matriks menghasilkan material komposit yang ringan, kuat, tahan korosi, dan memiliki fleksibilitas desain tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi komponen pesawat seperti *fairing landing gear*.

2.4 Komposit GFRP

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) adalah salah satu jenis komposit yang terdiri dari serat kaca (*glass fiber*) dan matriks polimer, biasanya berupa resin epoksi. GFRP banyak digunakan di industri penerbangan karena harga yang relatif ekonomis, kekuatan yang baik, serta ketahanan terhadap korosi dan paparan lingkungan ekstrem.

Serat kaca yang paling umum digunakan adalah *e-glass*, yaitu jenis serat kaca berbasis alumino-borosilikat, yang memiliki kekuatan mekanis tinggi dan ketahanan terhadap berbagai zat kimia, termasuk asam. Kombinasi serat kaca dan resin epoksi menghasilkan material yang ringan namun kuat, tahan terhadap beban statis dan dinamis, serta mudah dibentuk sesuai kebutuhan desain.

Penggunaan GFRP sebagai material *fairing* menawarkan beberapa keunggulan, antara lain bobot yang ringan sehingga meningkatkan efisiensi pesawat, ketahanan terhadap korosi dan paparan lingkungan, kemampuan dibentuk menjadi kontur kompleks sesuai desain aerodinamika, serta harga material yang relatif terjangkau dibandingkan material komposit lain seperti karbon fiber.

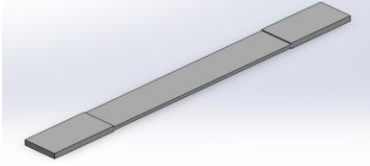
Namun demikian, GFRP tetap memiliki keterbatasan, terutama dalam hal ketahanan terhadap beban impak yang dapat menyebabkan retak, delaminasi, atau kerusakan struktural apabila tidak dirancang dan diproduksi dengan baik.

3. METODE PENYELESAIAN MASALAH

Metode penyelesaian yang digunakan disusun dalam bentuk diagram alir, yang menjabarkan tahapan tahapan pengerjaan selama proses penyelesaian penelitian. Diagram tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

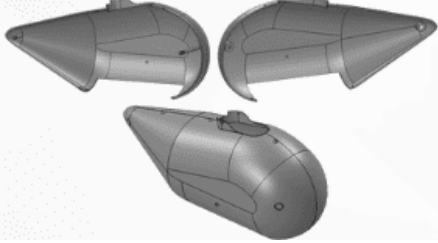
4.2 Hasil Perancangan Spesimen Uji Tarik dan *Fairing Landing Gear*

1. Spesimen uji tarik



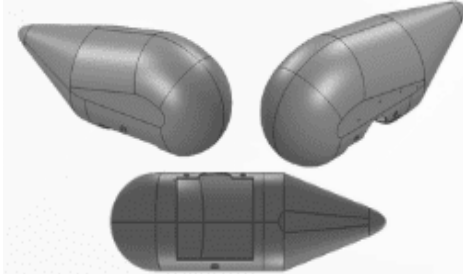
Gambar 4. Hasil Perancangan Spesimen Uji Tarik

2. *Nose Landing Gear Fairing*



Gambar 5. Hasil Perancangan *Nose Landing Gear Fairing*

3. *Main Landing Gear Fairing*



Gambar 6. Hasil Perancangan *Main Landing Gear Fairing*

4.3 Hasil Manufaktur

4.3.1 Proses Manufaktur Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji tarik dibuat dengan metode *hand lay-up*, yaitu teknik manual dalam pembuatan komposit. Resin poliester yang telah dicampur hardener dituangkan hati-hati ke dalam cetakan, mengikuti bentuk dan kontur agar dimensi sesuai standar. Setelah merata, bahan didiamkan pada suhu ruang hingga mengeras sempurna, sehingga spesimen menjadi padat dan kuat untuk uji mekanik. dokumentasi pembuatan master. seperti yang ditunjukkan di Gambar 7.



Gambar 7. Spesimen Uji Tarik

Metode ini dipilih karena memberikan kontrol lebih baik terhadap jumlah material dan mempermudah pembentukan spesimen. Pada pengujian, digunakan variasi arah serat untuk mengetahui pengaruh orientasi terhadap kekuatan tarik komposit. Spesimen dibuat sesuai standar ASTM D3039, dengan dua ulangan untuk tiap variasi guna menjaga konsistensi dan keandalan data.

4.3.2 Pembuatan *Fairing Landing Gear*

Proses manufaktur *fairing landing gear* material komposit menggunakan proses *hand lay-up*. Terdapat beberapa tahapan dalam proses tersebut, yaitu sebagai berikut:

1. Hasil Pembuatan Master

Master dibuat dengan membentuk karton sesuai desain secara cermat agar presisi. Karton direkatkan dengan lem *super glue*, lalu dilapisi resin poliester dan *fiberglass matt* untuk memperkuat struktur. Setelah itu, permukaan didempul dan diampelas hingga halus. Berikut dokumentasi pembuatan master. seperti yang di tunjukkan di Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pembuatan Master

2. Hasil Pembuatan *Molding*

Pada tahap awal, permukaan master dilapisi *honey wax* untuk memudahkan pelepasan cetakan. Selanjutnya, campuran resin poliester dan fiberglass mat diaplikasikan secara hati-hati mengikuti lekuk master agar hasil presisi. Proses dilakukan bertahap dan teliti untuk menghasilkan cetakan yang kuat dan halus. Berikut dokumentasi pembuatan *molding* ditunjukkan di Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pembuatan *Molding*

3. Hasil Percetakan

Pembuatan molding diawali dengan mengoleskan *honey wax* pada cetakan untuk memudahkan pelepasan. Campuran resin dan serat fiber disiapkan lalu diaplikasikan merata mengikuti bentuk *fairing* agar hasil presisi.

Fairing dibuat dari tiga lapis *fiberglass woven roving* 400 dan lapisan mat untuk hasil yang halus. Pelapisan dilakukan bertahap dengan resin yang telah dicampur hardener agar kuat dan sesuai standar. Dokumentasi hasil percetakan seperti yang ditunjukkan di Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Percetakan

4. Hasil Penyempurnaan

Pada tahap ini, *fairing landing gear* dilubangi dan dibuat dudukan untuk fastener secara manual menggunakan *mini grinder* dan bor tangan. Proses dilakukan dengan cermat agar posisi lubang simetris dan sesuai kebutuhan. Pengerjaan manual memungkinkan kontrol presisi lebih baik sehingga hasil sesuai desain. Berikut dokumentasi pembuatan master seperti yang ditunjukkan di Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Penyempurnaan

5. Hasil Painting

Tahap pengecatan diawali dengan pengamplasan permukaan *fairing*. Lalu, disemprot dua lapis cat *epoxy* sebagai dasar. Setelah kering dan diampas halus, diberikan tiga lapis cat warna utama, diikuti tiga lapis *clear coat* untuk kilap dan perlindungan. Hasil akhir diharapkan halus, kuat, dan tahan lama. Dokumentasi hasil *painting*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 12.



Gambar 12. Hasil *Painting*

6. Hasil Manufaktur



Gambar 13. Hasil Manufaktur

4.4 Pembahasan

4.4.1 Pembahasan Manufaktur

Pembuatan *fairing* pada sistem *landing gear* pesawat Cessna 172 berhasil dilakukan dengan menggunakan metode kombinasi antara *hand lay-up* dan *vacuum bagging*, yang merupakan dua teknik manufaktur komposit berbasis resin yang umum digunakan dalam proses produksi skala menengah. Material utama yang digunakan dalam pembuatan *fairing* ini adalah serat kaca jenis *woven roving* yang dikombinasikan dengan resin epoksi, yang dikenal memiliki kekuatan mekanis yang baik serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan.

Tahapan proses dimulai dari pembuatan cetakan yang dibuat menggunakan bahan multipleks atau kayu lapis, yang telah dibentuk dan dipotong sedemikian rupa agar sesuai dengan dimensi dari struktur *nose gear* dan *main gear* pada pesawat Cessna 172. Setelah cetakan selesai dan permukaannya dipersiapkan dengan baik, dilakukan proses pemotongan serat kaca sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Potongan-potongan serat tersebut kemudian disusun di atas permukaan cetakan secara berlapis, mengikuti bentuk kontur cetakan secara presisi.

Setelah penataan serat selesai, dilakukan proses peresapan resin epoksi secara manual, di mana resin yang telah dicampur dengan hardener dioleskan secara merata pada setiap lapisan serat. Tahap selanjutnya adalah proses *vacuum bagging*, yakni metode pemberian tekanan merata pada permukaan komposit dengan menggunakan plastik vakum dan pompa hampa udara. Proses ini bertujuan untuk mengurangi jumlah rongga udara (*void*) yang terperangkap dalam material serta membantu merapatkan lapisan-lapisan serat dan resin agar menghasilkan komposit yang padat dan berkualitas tinggi.

Proses *curing* atau pengerasan dilakukan dalam dua tahap, yaitu pertama dengan cara pengeringan manual selama beberapa jam pada suhu ruang, dan kedua dilanjutkan dengan proses pengeringan dalam oven sederhana yang menggunakan sumber panas dari lampu bohlam untuk menjaga suhu tetap stabil. Hasil dari proses *curing* menunjukkan bahwa material komposit mengeras dengan baik, serat dan resin menyatu secara merata, dan tidak ditemukan adanya gejala delaminasi atau pemisahan antar lapisan, yang menandakan bahwa proses manufaktur berjalan dengan optimal.

Keberhasilan ini menunjukkan bahwa pembuatan komponen pesawat ringan berbahan komposit dapat dilakukan secara efektif di lingkungan laboratorium pendidikan, dengan tetap menghasilkan kualitas produk yang memenuhi standar teknis untuk aplikasi aeronautika.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan praktik manufaktur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan *fairing* pada sistem *landing gear* pesawat Cessna 172N PK-SDQ menggunakan material komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*) melalui metode *hand lay-up* dan laminasi dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien di lingkungan pendidikan vokasi. Proses ini menunjukkan bahwa komponen pesawat berbahan komposit dapat diproduksi dengan hasil memuaskan, meskipun hanya menggunakan peralatan sederhana yang tersedia di laboratorium pendidikan.

Tahapan manufaktur diawali dengan pembuatan cetakan berbahan multipleks yang dibentuk mengikuti kontur landing gear pesawat. Selanjutnya dilakukan penataan serat kaca secara berlapis di atas cetakan, kemudian dilanjutkan proses peresapan resin epoksi secara manual untuk memastikan serat terlapisi merata. *Vacuum bagging* diterapkan untuk memberikan tekanan seragam, mengurangi porositas (*void*), dan meningkatkan kerapatan antar lapisan. Proses *curing* dilakukan melalui dua metode, yaitu pengeringan alami pada suhu ruang dan pemanasan dalam oven sederhana menggunakan lampu bohlam. Kedua metode tersebut mampu menghasilkan *fairing* dengan kualitas permukaan yang baik dan kekuatan yang sesuai kebutuhan.

Hasil akhir manufaktur menunjukkan bahwa *fairing* yang diproduksi memiliki presisi bentuk yang sesuai dengan desain, kekuatan tarik yang memadai untuk aplikasi non-struktural, serta dapat terintegrasi dengan baik pada sistem roda pesawat tanpa mengganggu mekanisme maupun pergerakan roda. Hal ini menjadi indikator keberhasilan proses manufaktur.

Metode *hand lay-up* dan laminasi yang diterapkan terbukti sebagai alternatif yang praktis, ekonomis, serta aplikatif untuk produksi komponen pesawat berskala kecil. Penggunaan material komposit GFRP memberikan keunggulan berupa bobot ringan, kemudahan pembentukan sesuai kontur kompleks, serta efisiensi biaya produksi. Dengan demikian, penerapan proses manufaktur komposit di lingkungan

pendidikan vokasi ini tidak hanya bermanfaat dalam meningkatkan kompetensi praktis mahasiswa, tetapi juga memiliki potensi nyata untuk diaplikasikan pada industri pesawat ringan di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan ini teruntuk M. Miftah Rasyid, Diva Zahra Nugraha, serta seluruh pihak yang telah membantu penulis.

DAFTAR PUSTAKA

1. alongwayroundtheworld.com. (n.d.). Wheel pants & gear leg fairing – Build mods. <https://alongwayroundtheworld.com/category/build-mods/wheel-pants-gear-leg-fairing/>
2. Cessna. (n.d.). Cessna Skyhawk. Textron Aviation. <https://cessna.txtav.com/en/piston/cessna-skyhawk>
3. flightsim.to. (n.d.). Most downloaded Cessna 172 liveries. <https://flightsim.to/liveries/cessna-172/most-downloads/28>
4. Generation Global. (n.d.). Cessna 172 Skyhawk interior. <https://www.generation-global.com/blogs/projects/cessna-172-skyhawk-interior>
5. Textron Aviation. (n.d.). Cessna Skyhawk. <https://cessna.txtav.com/en/piston/cessna-skyhawk>
6. Yusfar. (2018). Analisa pengaruh kekuatan dengan glass fiber reinforced polymer (GFRP) pada struktur balok beton bertulang (Tesis tidak diterbitkan). [Nama Universitas].
7. Lubis, H. (2020). Material komposit: Teori dan aplikasi. *Graha Ilmu. Green Technol.* 2022;9(2):661–91.
8. J. K. Seibel, “*Drag Reducing Fairing for Landing gear*,” no. 19, 1977.
9. Ablog, M. Fuget, S. Ko, and K. Tsujita, “*Optimization of Landing gear Fairings*,” *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, pp. 1–16, 2014.
10. B. Faisal, A. B. Hendrawan, and M. W. J. Usman, “*Rancang Desain Alat Peraga Pneumatik Menggunakan Perangkat Lunak Solidworks 2016*,” *Jurnal Politeknik Harapan Bersama*, pp. 1–5, 2021.
11. O. Access, “*Composite and Nanocomposite Materials - From Knowledge to Industrial Applications*,” *Composite and Nanocomposite Materials - From Knowledge to Industrial Applications*, 2020, doi: 10.5772/intechopen.80186.
12. M. Pinnell, R. Fields, and R. Zabora, “*Results of an interlaboratory study of the ASTM standard test method for tensile properties of polymer matrix composites D 3039*,” *J Test Eval*, vol. 33, no. 1, pp. 27–31, 2005, doi: 10.1520/jte12521.
13. Textron Aviation, “*Cessna Skyhawk 172N & Cessna Skyhawk 172P*.” [Online]. Available: <https://vref.com/news/cessna-skyhawk-172n-cessna-skyhawk-172p>
14. Global Air, “*Cessna 172*.” [Online]. Available: <https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/specifications?specid=1237>
15. Yusfar, “*Tesis analisa pengaruh kekuatan dengan glass fiber reinforced polymer (GFRP) pada struktur balok beton bertulang*,” pp. 1–72, 2018.