

ANALISIS KEKUATAN TWO BLADES PROPELLER APC 9×6 BERBAHAN RESIN TAN DENGAN METODE 3D PRINTING STEREO LITHOGRAPHY

Muhammad Farhan⁽¹⁾, Bhima Shakti Arrafat^{(2)*}, Lilies Esthi Riyanti⁽³⁾

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail: ¹21418039@ppicurug.ac.id, ²bhima.shakti@ppicurug.ac.id

³lilies.esthi@ppicurug.ac.id

Received :
05 Januari 2023

Revised :
23 Mei 2023

Accepted :
11 Juni 2023

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan propeller pada pesawat tanpa awak dengan menggunakan metode additive manufacturing yang menggunakan Stereolithography (SLA). Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menguji kekuatan tensile dan bending pada propeller menggunakan Universal Testing Machine. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan struktur pada propeller berbahan resin Tan yang diaplikasikan pada propeller dengan konfigurasi persentase infill 100% lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi infill 50% lainnya. Hasil kekuatan tensile tertinggi diperoleh pada infill 100% dengan nilai sebesar 133,8 MPa, sedangkan hasil kekuatan bending tertinggi juga diperoleh pada infill 100% dengan nilai sebesar 2,76 MPa. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi additive manufacturing dalam industri manufaktur, khususnya pada pembuatan propeller pesawat tanpa awak dengan kekuatan yang optimal.

Kata Kunci: *Propeller, Rapid prototyping, Stereolithography, infill*

Abstract: *This study aims to analyze the strength of the propeller on an unmanned aerial vehicle (UAV) using additive manufacturing method with Stereolithography (SLA). In this study, testing was conducted by examining the tensile and bending strength of the propeller using a Universal Testing Machine. The results showed that the structural strength of the propeller made of Tan resin applied to the propeller with a 100% infill percentage configuration was better than other 50% infill percentage configurations. The highest tensile strength result was obtained with 100% infill at a value of 133.8 MPa, while the highest bending strength result was also obtained with 100% infill at a value of 2.76 MPa. This research provides an important contribution to the development of additive manufacturing technology in the manufacturing*

industry, particularly in the production of propellers for UAVs with optimal strength.

Keyword: *Propeller, Rapid prototyping, Stereolithography, infill.*

Pendahuluan

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) merupakan teknologi pesawat terbang tanpa awak yang dikontrol dengan kendali jarak jauh oleh operator dengan menggunakan remote control. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) terdiri dari dua tipe, yaitu tipe sayap tetap (fixed-wing) dan multi-rotor (Suab & Avtar, 2019)

Pada pesawat tanpa awak perkembangan yang terjadi terdapat pada beberapa bagian salah satunya adalah propeller (Matlock et al., 2019). Propeller merupakan baling-baling yang diputar oleh motor listrik yang dapat menghasilkan thrust atau gaya dorong pada saat pesawat melakukan terbang (Kurniawan, 2017). Propeller yang digunakan untuk pesawat tanpa awak memiliki diameter yang relatif kecil, diantara diameter 6 sampai 22 inch (Detters & Selig, 2008). Propeller yang digunakan juga bervariasi terhadap jumlah bilah propeller dan arah putarannya (Gundlach, 2014).

Pembuatan komponen pada pesawat zaman sekarang banyak menggunakan material komposit. Metode paling sederhana dalam manufaktur material komposit adalah dengan menggunakan metode hand lay-up. Metode ini tidak memerlukan investasi yang besar dalam prosesnya namun memiliki banyak kekurangan seperti biaya material yang tinggi, tingkat produksi dan proses pembuatan

yang lambat dibandingkan dengan metode yang lain (Zhang et al., 2012).

Seiring dengan perkembangan teknologi manufaktur dalam dekade terakhir, manufaktur dengan teknik additive manufacturing atau 3D Printed mulai digunakan dalam industri kedirgantaraan. Rapid Prototyping adalah teknik membentuk dan marakit sebuah produk dengan cara yang cepat dengan integrasi antara sistem CAD (Computer Aided Design) dan mesin dengan sistem Rapid prototyping (3D printing, CNC). Perusahaan seperti Airbus, Boeing, BAE Systems, GE, dan NASA sudah mulai menggunakan 3D Printed untuk membuat suatu komponen (Banfield et al., 2016). Hal ini juga dilakukan dalam pembuatan UAV. Proses pembuatan komponen UAV dengan 3D printing lebih efektif, bersih, aman dan hemat waktu (Nugroho & Ardiansyah, 2018). Hal tersebut memberikan peluang bagi 3D Printed Components untuk dapat diterapkan pada pesawat dan UAV karena mudahnya pembuatan komponen apabila terjadinya kerusakan yang mengharuskan adanya penggantian. Rapid prototyping juga digunakan untuk membuat produk mekanis yang memiliki beberapa keunggulan seperti mampu mencetak geometri yang kompleks dengan penggunaan bahan yang relatif lebih hemat tanpa membutuhkan cetakan (molding) dan tool yang mahal (ÖZDİLLİ, 2021).

Perkembangan komputer dan Software Computer Aided Design (CAD) semakin menambah akselerasi berkembangnya metode additive manufacturing. Ada dua macam pemrosesan yang digunakan pada 3D Printed yaitu Fused Deposition Modeling (FDM) dan Stereolithography (SLA).

Steinchen (1996) melakukan percobaan menggunakan metode Stereolithography (SLA) dan mendapati pengurangan waktu proses dan biaya. Di antara berbagai teknik 3DP tersebut, SLA membuat prototipe dengan cepat dan SLA mempunyai tingkat akurasi dan detail yang lebih baik, termasuk mencetak objek dengan model geometri yang kompleks. Hasil cetak SLA memiliki permukaan akhir yang sangat halus dan menyesuaikannya dengan resolusi jika membutuhkan prototipe realistis dengan kualitas tinggi dan fitur yang detail.

Pada penelitian (Yeh, 2020) dilakukan pengujian terhadap kekuatan dari 3D Printed Propeller berbahan Polylactic Acid (PLA) dengan metode Fused Deposition Modelling (FDM) sebagai alternatif dari Propeller UAV dengan bahan komposit serat karbon yang di aplikasikan pada UAV multirotor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan lentur komposit serat karbon jauh lebih baik dibandingkan PLA. Karena keberadaannya serat, kekuatan geser antar-laminar sangat mirip dengan kedua bahan ini. Namun dalam hal waktu proses pembuatan, 3D printed propeller dengan bahan PLA memakan waktu yang lebih singkat.

Selain itu, telah dilakukan sebuah pengujian propeller berbahan Resin yang dibuat melalui metode 3D printing berjenis Stereolithography (SLA) yang dicetak dengan tiga spesimen bahan resin yang berbeda dan waktu pengeringan UV (Curing) yang bervariasi (Christian Manuel et al., 2020). Melalui pemeriksaan fisik, propeller tersebut menunjukkan integritas struktural dan performa aerodinamika yang baik yang sangat menjanjikan terutama jika dibandingkan dengan propeller yang tersedia di pasaran. Nilai sifat mekanik masing-masing tergantung pada resin itu sendiri., waktu pengeringan UV dan suhu lingkungan akan berpengaruh meskipun suhu lingkungan memberikan efek yang minim.

Berdasarkan dari permasalahan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti ingin melakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan struktur dari two blades propeller yang dibuat dengan menggunakan metode additive manufacturing 3D Printing SLA. Dari beberapa penelitian telah dilakukan pengujian mekanis yang menunjukkan bahwa parameter cetak mempengaruhi sifat mekanis spesimen hasil cetak (Sandi et al., 2022). Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai pengaruh variasi dari konfigurasi parameter cetak yaitu infill yang diberikan terhadap struktur dan yang dihasilkan oleh propeller dari hasil cetak SLA. Penelitian ini dilakukan pada material 3D printing Tan resin dengan Infill 50% dan 100%.

Metode Penelitian

Metode adalah cara kerja yang teratur dan sistematis sehingga suatu kegiatan dengan mudah dapat dengan mudah dilakukan untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Vinet & Zhedanov, 2011). Penelitian adalah suatu kegiatan yang dilakukan menurut prinsip dan metode ilmiah secara sistematis untuk mendapatkan informasi, data, dan keterangan yang berkaitan dengan pemahaman dan pembuktian kebenaran atau ketidakbenaran suatu asumsi (Peraturan Presiden Republik Indonesia, 2018).

Metode yang peneliti gunakan untuk melakukan analisis adalah dengan menggunakan metode *research and development*. Menurut Sugiono dalam bukunya, metode *research and development* merupakan metode penelitian yang menghasilkan produk (dapat berupa model atau modul atau yang lainnya), dan terdapat efektifitas dari sebuah produk tersebut. Pada penelitian ini, metode *research and development* yang digunakan adalah metode R&D sampai dengan tahapan uji coba, dan akan dilaksanakan di Curug pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2022

Tahap Perancangan

Penelitian ini menggunakan *two blades propeller* yang dibuat menggunakan 3D Printing SLA dengan bahan resin TAN. Bagian rancangan tersebut terdiri dari hub dan bilah. Setiap bagian ini memiliki fungsi dan kriteria masing-masing yang akan mempermudah proses perancangan. Pembuatan *propeller* menggunakan 3D

Printing SLA dikarenakan SLA membuat prototipe dengan cepat dan SLA juga mempunyai tingkat akurasi dan detail yang lebih baik, termasuk mencetak objek dengan model geometri yang kompleks. Pemilihan Propeller dan Airfoil

Pada penelitian ini pemilihan *propeller* mengikuti penelitian yang dilakukan oleh (Christian Manuel et al., 2020) yaitu menggunakan APC *propeller* dengan ukuran diameter 9 inch dan pitch 6 inch yang merupakan ukuran standar dari propeller yang digunakan dipasaran. Pemilihan *airfoil* pada penelitian ini memakai seri *airfoil* NACA 44XX lihat Gambar 2 NACA 4412. *Airfoil* seri ini banyak digunakan pada baling-baling (*propeller*) dan memiliki karakteristik koefisien daya angkat maksimum yang tinggi dan karakteristik *stall* yang rendah. *Airfoil* jenis ini memiliki karakteristik yang sama baiknya dengan seri NACA 16- dan seri NACA 65-.

1. Pemilihan Material

Pada penelitian ini, Material yang digunakan adalah resin yang dimana digunakan di 3D printing SLA, Jenis resin yang digunakan pada penelitian ini adalah *Tan* yang dipilih karena ketersediaan komersial lokalnya. Untuk membuat spesimen yang akan diuji struktur dari parameter *infill* serta cairan alkohol 96% untuk proses *washing* yang mana proses ini merupakan proses menghilangkan resin yang tidak diawetkan yang masih menempel pada specimen.

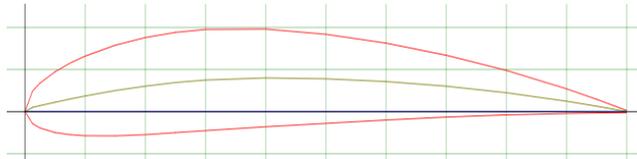
Analisis Kekuatan Two Blades Propeller APC 9×6 Berbahan Resin Tan dengan Metode 3D Printing Streolithography

2. Pembuatan Propeller

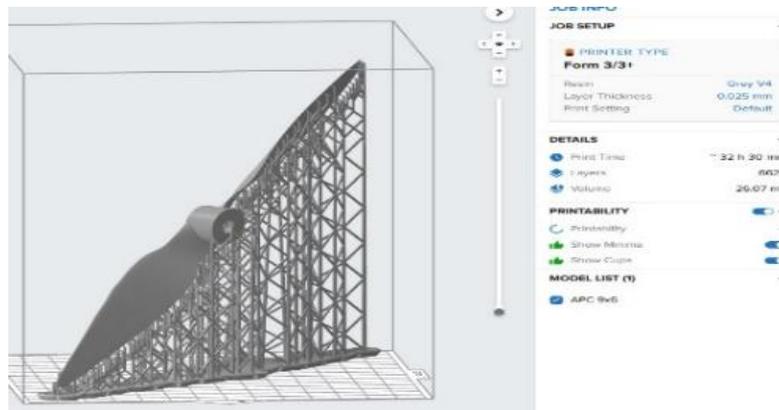
Model cetak 3D dapat dibuat dengan bantuan paket desain CAD atau melalui pemindai 3D yang dimana pada penelitian ini menggunakan aplikasi *solidworks 2022*. Proses pemodelan *propeller* dilakukan dengan bentuk dan dimensi dari geometri yang telah ditentukan. Selanjutnya file pada aplikasi *solidworks* diubah dengan menggunakan format *.stl* yang akan di-*convert* ke aplikasi *licer*.

3. Percetakan

Sebelum mencetak model 3D *propeller* dari file **.STL*, harus diproses oleh perangkat lunak yang disebut "*licer*" yang mengubah model 3D *propeller* menjadi serangkaian lapisan tipis dan menghasilkan file kode-G dari file **.STL* yang berisi instruksi ke printer. *Slicing layers* dan *printing preparation* objek tiga dimensi dengan ukuran yang telah ditentukan pada proses sebelumnya kemudian di buka menggunakan *software Preform*.



Gambar 1. NACA 4412



Gambar 2 Pengaturan konfigurasi parameter propeller

4. Finishing

Setelah *propeller* tercetak seperti yang dilihat pada gambar dibawah proses selanjutnya akan dilakukan

pembersihan(*washing*)menggunakan IPA (*Iso Propanol Alkohol*) 100% selama lima menit dimana proses *washing* ini merupakan proses

menghilangkan resin yang tidak diawetkan yang masih menempel pada spesimen.



Gambar 3 Propeller sesudah cetak

5. Pengujian

Penelitian ini dilakukan pengujian sifat mekanis propeller meliputi uji *bending* dan uji *tensile* yang dilakukan di *Center For Material Processing And Failure Analysis* yang berada di Universitas Indonesia. Alat yang digunakan yaitu Gambar IV. 14 *Universal Testing Machine*. Dengan jarak tarik tumpuan 100 mm. Dari hasil pengujian kekuatan *propeller* 3D *Printing* mendapatkan 4 data pengujian.



Gambar 4 Universal Testing Machine

Hasil dan Diskusi

Sebagai penyelesaian masalah dan tujuan dari penelitian ini, setelah mendapat data pengujian sifat mekanis propeller meliputi uji *bending* dan uji *tensile*. Pengujian *bending* menjelaskan bahwa kekuatan *bending* yang didapatkan dari *propeller Infill* 100% lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi propeller dengan *Infill* 50%. Dan Hasil Pengujian *tensile* yang dilakukan menjelaskan bahwa kekuatan *tensil* yang didapatkan dari *propeller infill* 100% lebih baik dibandingkan dengan *propeller* konfigurasi *infill* 50% lainnya.

Persamaan Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Persamaan Regangan

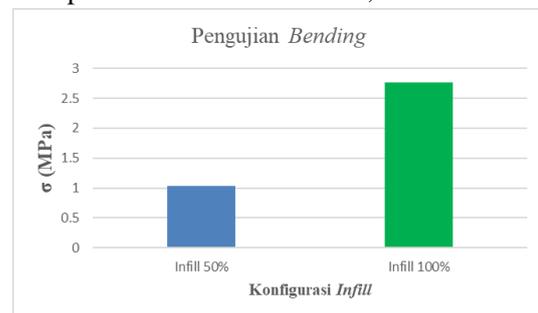
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Persamaan Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

1. Perbandingan Kekuatan Bending

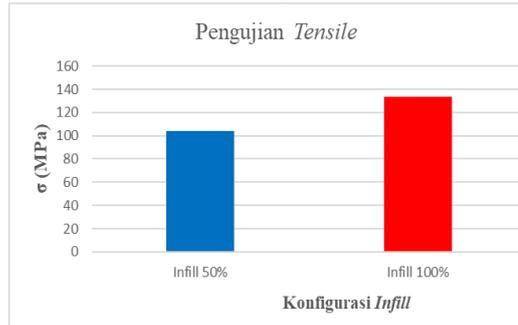
Pada pengujian kekuatan bending infil 50% sebesar 1,03 MPa dan pada infil 100% sebesar 2,76 MPa.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Kekuatan Bending

2. Perbandingan data hasil Uji *Bending* dan *Tensile*

Pada pengujian kekuatan *bending infil* 50% sebesar 1,03 MPa dan pada *infil* 100% sebesar 2,76 MPa. Pada pengujian kekuatan *tensile infil* 50% sebesar 103,9 Mpa dan pada *infil* 100% sebesar 133,8 Mpa.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Kekuatan Tensile

Kesimpulan

Hasil penelitian berupa *propeller* cetak dengan menggunakan teknik *addictive manufacturing* yaitu SLA. Parameter cetak yang digunakan untuk menguji kekuatan *propeller* adalah jenis *infill* yang berbeda diberikan pada *propeller*.

Pada pengujian kekuatan *Tensile* dengan konfigurasi *infill* 50% menghasilkan kekuatan *tensile* sebesar 103.9 MPa dan modulus elastisitas sebesar 6.493 MPa, pada konfigurasi *infill* 100% menghasilkan kekuatan *tensile* sebesar 133.8 Mpa dan modulus elastisitas sebesar 92.727 Mpa.

Pengujian kekuatan *bending* dengan konfigurasi *infill* 50% menghasilkan kekuatan *bending* sebesar 1.03 MPa, pada konfigurasi *infill* 100% menghasilkan kekuatan *bending* sebesar 2.76 MPa. Sementara pada pengujian dinamis yang dilakukan pada *propeller* berbahan

Resin *TAN* dengan menggunakan 3D *Printed* SLA yaitu *propeller* dengan menggunakan konfigurasi *infill* 100% mendapatkan hasil yang baik dibandingkan *propeller* dengan konfigurasi *infill* 50%.

Daftar Pustaka

- Banfield, C., Kidd, J., & Jacob, J. (2016). Design and development of a 3D printed UAV. *54th AIAA Aerospace Sciences Meeting*.
- Christian Manuel, M., Dela Cruz, J., Macabiog, R. E. N., Gasic, E. D. S., Lapitan, J. P. V., Vibal, J. L. L., & Yamada, Y. E. (2020). Fabrication and Analysis of Manufacturing Propellers for Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Using Stereolithography Rapid Prototyping. *2020 11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium, ICSGRC 2020 - Proceedings, August*, 242–247. <https://doi.org/10.1109/ICSGRC49013.2020.9232595>
- Deters, R. W., & Selig, M. S. (2008). Static testing of micro propellers. *Collection of Technical Papers - AIAA Applied Aerodynamics Conference, August*. <https://doi.org/10.2514/6.2008-6246>
- Gundlach, J. (2014). Designing Unmanned Aircraft Systems: A Comprehensive Approach, Second Edition. *Designing Unmanned Aircraft Systems: A Comprehensive Approach, Second Edition*.

- <https://doi.org/10.2514/4.102615>
Kurniawan, A. (2017). Pengukuran dan Analisis CFD Performa Propeller Master Airscrew G/F 3 9x6. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 10(1), 73–87.
- Matlock, J., Warwick, S., Sharikov, P., Richards, J., & Suleman, A. (2019). Evaluation of energy efficient propulsion technologies for unmanned aerial vehicles. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 43(4), 481–489. <https://doi.org/10.1139/tcsme-2018-0231>
- Nugroho, A., & Ardiansyah, R. (2018). Pembuatan Komponen Lsu (Lapan Surveillance Uav) Dengan Menggunakan 3D Printer (Lapan Surveillance Uav (Lsu) Part Manufacturing With 3D Printer). *Berita Dirgantara*, 27–36.
- ÖZDİLLİ, Ö. (2021). Comparison of the Surface Quality of the Products Manufactured by the Plastic Injection Molding and SLA and FDM Method. *Uluslararası Muhendislik Arastirma ve Gelistirme Dergisi*, 428–437. <https://doi.org/10.29137/umagd.762942>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia*. (2018).
- Sandi, A., Mahardika, M., Cahyono, S. I., Salim, U. A., Pratama, J., & Arifvianto, B. (2022). Pengaruh variasi parameter cetak dan post process terhadap tingkat kekerasan spesimen hasil cetak tiga dimensi berbasis stereolithography (SLA). *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 7, 33–46. <https://doi.org/10.28989/senatik.v7i0.454>
- Suab, S. A., & Avtar, R. (2019). Unmanned Aerial Vehicle System (UAVS) Applications in Forestry and Plantation Operations: Experiences in Sabah and Sarawak, Malaysian Borneo. In *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27157-2_8
- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2011). A “missing” family of classical orthogonal polynomials. In *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Issue 8). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Yeh, Y. L. (2020). The standard strength test of 3D printing materials and its application for UAV propellers. *Modern Physics Letters B*, 34(7–9), 1–5. <https://doi.org/10.1142/S0217984920400175>
- Zhang, J., Chaisombat, K., He, S., & Wang, C. H. (2012). Hybrid composite laminates reinforced with glass/carbon woven fabrics for lightweight load bearing structures. *Materials and Design*, 36, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.11.006>