

# RANCANG BANGUN AIRFRAME UNMANNED AERIAL VEHICLE BERSAYAP TETAP MENIRU BURUNG

Arfie Armelia Erissonia<sup>1)</sup>, Reo Yudhono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan  
arfie.armelia.e@sttkd.ac.id

<sup>2)</sup>Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan  
reo.yudhono@sttkd.ac.id

## Abstrak

Burung adalah penerbang alami dan telah menjadi inspirasi dalam pengembangan desain pesawat terbang. Pesawat terbang heavier-than-air pertama yang sukses mengudara, "The Flyer" milik Wright bersaudara, juga didesain dengan meniru prinsip-prinsip kinematika sayap burung. Pada penelitian ini, kami melakukan perancangan dan pembuatan purwarupa airframe unmanned aerial vehicle (UAV) berkonfigurasi sayap tetap dengan bentuk meniru burung Euroasian sparrowhawk (*accipter nisus*). Material yang digunakan pada pembuatan purwarupa antara lain plastik ABS dari proses 3D printing, kayu balsa, styrofoam dan komposit karbon. Dari purwarupa yang dibuat, didapatkan berat kosong dari UAV sebesar 360 gr. Dengan besar maximum take-off weight (MTOW) berdasarkan desain sebesar 600 gr, maka UAV dapat membawa payload hingga 240 gr. Posisi center of gravity (c.g) dari purwarupa UAV berada di 106,37 mm dari hidung pesawat, atau kira-kira berada di 25% mean aerodynamic chord (m.a.c).

**Kata kunci:** burung, UAV, airframe, desain pesawat udara, biomimetik

## Abstract

Bird is a natural flyer and has been the inspiration in the development of aircraft design. The first heavier-than-air aircraft ever fly, Wright brother's "The Flyer", also designed by following the kinematic of bird's wing. In this research, we designed and build a prototype of a fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV) with a shape mimic Euroasian sparrowhawk (*accipter nisus*) bird. The material used in the prototyping is 3D printing's ABS plastic, balsa wood, Styrofoam and carbon composite. The build prototype has empty weight of 360 gr. With designed maximum take off weight (MTOW) of 600 gr, means the UAV can bring payload up to 240 gr weight. The center of gravity (c.g.) location of the UAV is 106.37 mm from the nose, or at about 25% mean aerodynamic chord (m.a.c).

**Keywords:** bird, UAV, airframe, aircraft design, biomimetic

## Pendahuluan

Burung adalah penerbang alami dan telah menjadi inspirasi dalam pengembangan desain pesawat terbang. Walaupun burung merupakan penerbang yang aktif mengepakkan sayapnya, namun pada beberapa jenis, burung terbang dengan posisi sayap yang diam merentang. Jenis burung seperti burung bangkai dan burung elang dapat melakukan penerbangan dalam waktu yang cukup lama tanpa mengepakkan sayapnya. Burung jenis ini merentangkan sayapnya dan terbang dalam moda *gliding* dan *soaring*.

Dengan meniru posisi burung pada kedua moda terbang inilah, desain UAV bersayap tetap dapat dilakukan. Secara umum, bentuk dan konfigurasi UAV akan meniru secara utuh bentuk dari burung pada saat terbang dengan moda tersebut. Jenis burung yang digunakan sebagai referensi adalah jenis *Euroasian sparrowhawk*, *accipter nisus*. Burung ini adalah burung pemakan daging dengan bentuk yang relative kecil, sehingga cocok untuk ditiru pada pengembangan mini UAV. Panjang tubuh pada burung dewasanya antara 28-38 cm, dengan bentang sayap antara 59-80 cm.

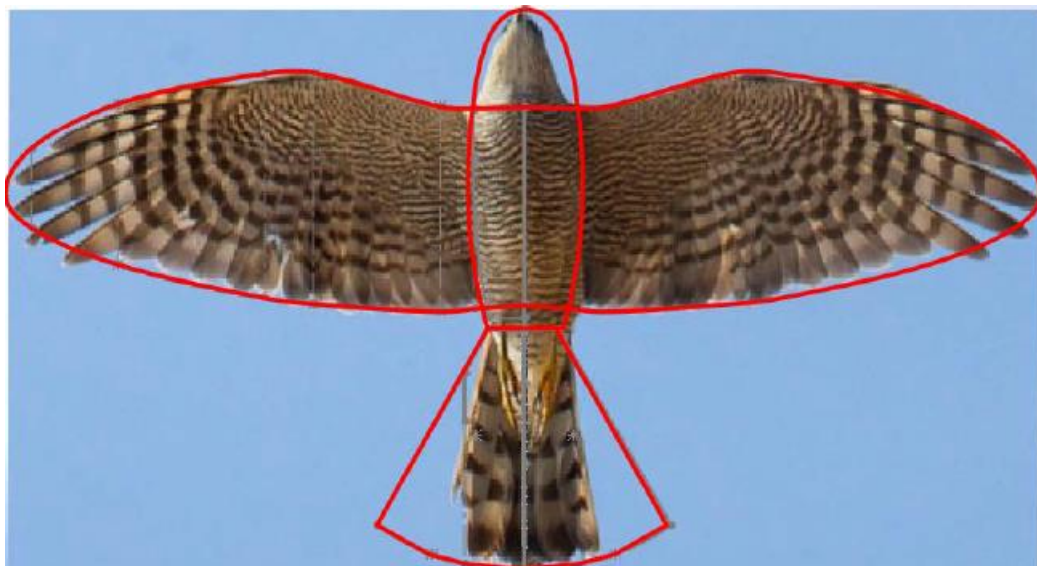
Dari penelitian ini didapatkan purwarupa UAV dengan bentuk meniru burung, yang nantinya diharapkan juga memiliki kemampuan terbang yang lincah seperti jenis burung yang ditiru. Penelitian ini adalah bagian dari rangkaian penelitian untuk mempelajari kemampuan terbang burung dan menerapkannya pada desain UAV, baik dengan konfigurasi sayap tetap maupun sayap mengepak.

### Tinjauan Pustaka

Prinsip aerodinamika pada burung adalah prinsip *steady aerodynamic* [1], di mana prinsip aerodinamika ini juga digunakan pada pesawat terbang berkonfigurasi sayap tetap. Dengan dasar ini, peniruan bentuk burung sebagai konfigurasi dari pesawat bersayap tetap mungkin untuk dilakukan. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh J. Maglasang [2], dengan meniru kinematika burung merpati dan menerapkannya pada desain *micro aerial vehicle* (MAV), purwarupa MAV yang dibuat memberikan hasil yang baik.

Khusus untuk burung pemakan daging, seperti jenis burung bangkai dan burung elang, pada saat moda terbang *gliding* dapat memberikan performa yang lebih baik daripada pesawat udara pada umumnya. Koefisien gaya angkat pada jenis burung *laggar falcon*, *white-back vultures* dan *harris' hawk* pada moda terbang *gliding*, masing-masing secara berurutan adalah 1,6, 1,1 dan 1,6 [3,4,5]. Nilai koefisien gaya angkat ini terbilang cukup tinggi, karena pada moda terbang *gliding*, kecepatan terbang burung relatif sangat rendah dan juga dapat memberikan waktu dan jarak terbang yang panjang.

Pada penelitian sebelumnya, perhitungan desain UAV meniru bentuk burung *Euroasian sparrowhawk* telah menghasilkan parameter-parameter desain dan konfigurasi umum [6]. Gambar 1 menunjukkan perbandingan ukuran yang telah dihasilkan dengan burung *Eurasian sparrowhawk* yang sebenarnya. Tabel 1 menunjukkan parameter-parameter desain yang dihasilkan dari perhitungan desain.



**Gambar 1.** Perbandingan ukuran burung *Euroasian sparrowhawk* dengan desain UAV (diambil dari ref [6]).

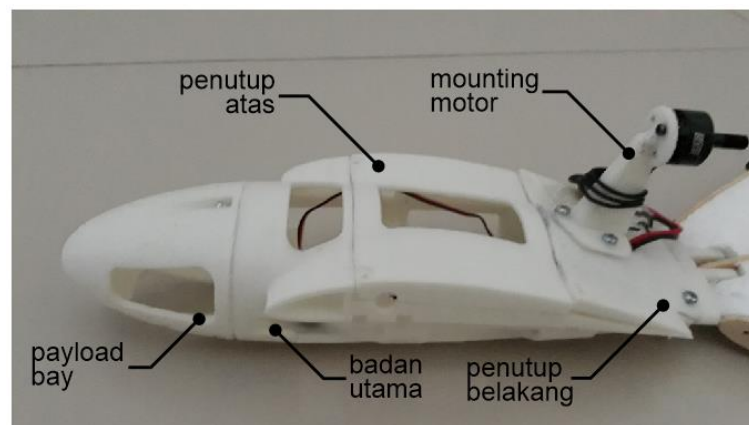
**Tabel 1. Parameter desain UAV**

| Parameter                     | Nilai                 |
|-------------------------------|-----------------------|
| Panjang                       | 398 mm                |
| Bentang sayap                 | 740 mm                |
| Luas sayap                    | 987,1 cm <sup>2</sup> |
| <i>Aspect ratio</i> sayap     | 5,5                   |
| <i>Swept</i> pada 0,25 m.a.c  | 1,47 deg              |
| <i>Mean aerodynamic chord</i> | 142 mm                |

## Metode Penelitian

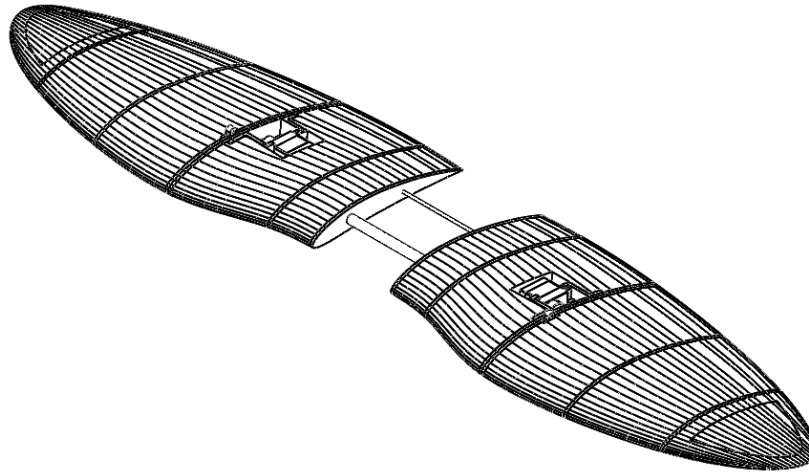
Dari parameter desain dan konfigurasi yang telah dihitung, kegiatan penelitian diawali dengan pembuatan model 3 dimensi pada perangkat lunak *computer-aided design* (CAD). Desain yang dibuat turut mempertimbangkan proses pembuatan purwarupanya. Komponen-komponen sistem pada UAV, seperti motor listrik, *servo*, baterai, dll, juga digambarkan pada model CAD-nya.

Struktur *fuselage* UAV akan dibuat melalui proses 3D printing. Hal ini didasarkan pada bentuk *fuselage* yang tidak cukup sederhana untuk dibuat secara *hand-made*. *Fuselage* terbagi menjadi 5 bagian: badan utama, *payload bay*, penutup atas, penutup belakang dan *mounting motor*. Gambar 2 menunjukkan bagian-bagian *fuselage* pada hasil pembuatannya menggunakan *3D printer*.



**Gambar 2. Bagian-bagian *fuselage* pada hasil pembuatan menggunakan *3D printer*.**

Struktur sayap dan ekor dibuat dengan metode manufaktur yang umum digunakan pada pembuatan pesawat *aeromodelling*. Struktur sayap dan ekor secara umum terdiri dari *spar*, *ribs* dan *wingbox*. *Spar* dibuat menggunakan pipa komposit karbon, *ribs* dibuat menggunakan kayu balsa dan *wingbox* dibuat menggunakan *styrofoam*. Gambar 3 menunjukkan struktur sayap dan ekor yang digambar pada perangkat lunak CAD.



**Gambar 3. Rancangan struktur sayap pada gambar CAD**

Setelah seluruh bagian *airframe* selesai dibuat, semua bagian dirangkaikan untuk membentuk satu *airframe* utuh. Beberapa penyesuaian, misal penghalusan dengan amplas, perlu dilakukan agar perangkaian memberikan hasil yang baik. Gambar 4 menunjukkan purwarupa UAV setelah selesai dirangkai.



**Gambar 4. Hasil perakitan semua komponen purwarupa UAV meniru bentuk burung.**

### Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan massa dan posisi c.g. yang tepat pada UAV, pengukuran massa tiap komponen harus dilakukan. Setiap bagian dari *airframe* ditimbang, kemudian posisi c.g. untuk tiap bagian ini diperkirakan menggunakan fitur di dalam perangkat lunak CAD. Begitu juga dengan massa dan posisi c.g. untuk komponen-komponen avionik yang akan dipasangkan pada UAV.

Posisi c.g. pesawat pada tiap sumbu ( $x$ ,  $y$ , dan  $z$ ) dihitung menggunakan persamaan inersia, yaitu dengan membagi total inersia ( $I$ ) keseluruhan komponen dengan total massa ( $m$ ) dari komponen, sesuai dengan persamaan berikut:

$$x_{c.g} = \frac{\sum I_x}{\sum m} \quad y_{c.g} = \frac{\sum I_y}{\sum m} \quad z_{c.g} = \frac{\sum I_z}{\sum m} \quad \dots\dots(1)$$

Di mana nilai inersia setiap komponen merupakan perkalian antara massa komponen tersebut (mn) dengan posisi c.g. komponen tersebut pada setiap sumbu ( $x_n$ ,  $y_n$ , dan  $z_n$ ) diukur dari suatu titik acuan. Pada perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini, titik acuan yang digunakan adalah ujung hidung UAV. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung inersia tiap komponen pada UAV.

$$I_{x_n} = m_n \cdot x_n \quad I_{y_n} = m_n \cdot y_n \quad I_{z_n} = m_n \cdot z_n \quad \dots\dots(2)$$

Hasil perhitungan inersia tiap komponen dan posisi c.g. dari UAV disajikan pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Perhitungan Inersia dan posisi c.g. UAV**

| Komponen            | Massa (gr)       | Lokasi c.g. relatif dari nose (mm) |        |         | Inersia (gr.mm) |               |              |               |
|---------------------|------------------|------------------------------------|--------|---------|-----------------|---------------|--------------|---------------|
|                     |                  | x                                  | y      | z       | Ix              | Iy            | Iz           |               |
| <b>Fuselage</b>     |                  |                                    |        |         |                 |               |              |               |
| 1                   | Badan Utama      | 47                                 | 131.89 | 0       | -1.99           | 6198.83       | 0.00         | -93.53        |
| 2                   | Payload Bay      | 15                                 | 120.44 | 0       | 4.77            | 1806.60       | 0.00         | 71.55         |
| 3                   | Penutup Atas     | 13                                 | 131.06 | 0       | 22.2            | 1703.78       | 0.00         | 288.60        |
| 4                   | Penutup Belakang | 13                                 | 191.91 | 0       | 11.76           | 2494.83       | 0.00         | 152.88        |
| 5                   | Motor Mounting   | 4                                  | 190.23 | 0       | 18.85           | 760.92        | 0.00         | 75.40         |
| <b>Sayap</b>        |                  |                                    |        |         |                 |               |              |               |
| 1                   | Inner Wing       | 33                                 | 123.16 | 0       | 1595            | 4064.28       | 0.00         | 52635.00      |
| 2                   | Outer Wing R     | 12                                 | 113.91 | 223.11  | 16.09           | 1366.92       | 2677.32      | 193.08        |
| 3                   | Outer Wing L     | 12                                 | 113.91 | -223.11 | 16.09           | 1366.92       | -2677.32     | 193.08        |
| <b>Ekor</b>         |                  |                                    |        |         |                 |               |              |               |
| 1                   | Holder Ekor      | 3                                  | 227.58 | 0       | 0.1             | 682.74        | 0.00         | 0.30          |
| 2                   | Planform Ekor    | 8                                  | 307.94 | 0       | 0.01            | 2463.52       | 0.00         | 0.08          |
| <b>Avionics</b>     |                  |                                    |        |         |                 |               |              |               |
| 1                   | Battery          | 87                                 | 98.54  | 0       | -7.51           | 8572.98       | 0.00         | -653.37       |
| 2                   | BEC              | 11                                 | 70.6   | 0       | 5.49            | 776.60        | 0.00         | 60.39         |
| 3                   | Servo Wing R     | 14                                 | 131.53 | 121.27  | 25.11           | 1841.42       | 1697.78      | 351.54        |
| 4                   | Servo Wing L     | 14                                 | 131.53 | -121.27 | 25.11           | 1841.42       | -1697.78     | 351.54        |
| 5                   | Servo 1 - Roll   | 9                                  | 174.89 | -5.02   | 0.35            | 1574.01       | -45.18       | 3.15          |
| 6                   | Servo 2 - Pitch  | 9                                  | 267.02 | -1.38   | 0.01            | 2403.18       | -12.42       | 0.09          |
| 7                   | Receiver         | 6                                  | 56.06  | 0       | -16.89          | 336.36        | 0.00         | -101.34       |
| 8                   | Motor + ESC      | 19                                 | 195    | 0       | 56.11           | 3705.00       | 0.00         | 1066.09       |
| 9                   | Propeller        | 2                                  | 220.9  | 0       | 56.11           | 441.80        | 0.00         | 112.22        |
| 10                  | Autopilot        | 29                                 | 131.74 | 0       | 10.76           | 3820.46       | 0.00         | 312.04        |
| <b>W EMPTY (gr)</b> |                  | <b>360</b>                         |        |         | <b>c.g (mm)</b> | <b>133.95</b> | <b>-0.16</b> | <b>152.83</b> |
| <b>Payload</b>      |                  |                                    |        |         |                 |               |              |               |
| 1                   | Camera System    | 240                                | 65     | 0       | 0               | 15600.00      | 0.00         | 0.00          |
| <b>MTOW (gr)</b>    |                  | <b>600</b>                         |        |         | <b>c.g (mm)</b> | <b>106.37</b> | <b>-0.10</b> | <b>91.70</b>  |

## Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan purwarupa UAV dengan material dan metode sederhana dapat dilakukan. Penggunaan material dan metode pembuatan pesawat *aeromodelling* cukup untuk memenuhi kebutuhan pada penelitian ini.
2. Penggunaan teknologi *3D printing* pada komponen yang memiliki bentuk tidak sederhana memberikan hasil yang baik.
3. *Empty weight* UAV adalah sebesar 360 gr, sehingga dengan berat *take-off*, *MTOW*, sesuai desain yaitu 600 gr, UAV dapat membawa *payload* dengan massa hingga 240 gr.
4. Perhitungan posisi c.g. UAV memberikan hasil yang sesuai dengan desain, yaitu pada jarak 106,37 mm dalam arah *longitudinal* dari hidung pesawat.

## Daftar Pustaka

- [1] J. V. Shreyas, S. Devrajan, and K. R. Sreenivas, "Aerodynamics of bird and insect flight," *Journal of the Indian Institute of Science*, vol. 91, no. 3, pp. 415-427, July-Sept., 2011.
- [2] V. A. Tucker, and G. C. Parrot, "Aerodynamics of gliding in a falcon and other birds," *Journal of Experimental Biology*, vol. 52, pp. 345-367, 1970.
- [3] V. A. Tucker, "Gliding birds: descending flight of the white-backed vulture, *gyps africanus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 140, pp. 325-344, 1988.
- [4] V. A. Tucker, "Aerodynamics of gliding flight in a harris' hawk, *parabuteo unicinctus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 149, pp. 469-489, 1990.
- [5] J. Maglasang, N. Goto, and K. Isogai, "Development of bird-like micro aerial vehicle with flapping and feathering wing motions," *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, vol. 51, no. 171, pp. 8-15, 2008.
- [6] R. Yudhono, A. E. Erissonia, "Design of a Bird-like Fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle," *Proceeding of International Conference on Engineering and Natural Sciences – Summer Session 2018*, Tokyo, Japan, 2018.