

PERANCANGAN SISTEM KENDALI MENIRU BURUNG UNTUK UNMANNED AERIAL VEHICLE BERKONFIGURASI SAYAP TETAP

Reo Yudhono¹⁾, Arfie Armelia Erissonia²⁾

¹⁾ Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
reo.yudhono@sttkd.ac.id

²⁾ Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
arfie.armelia.e@sttkd.ac.id

Abstrak

Burung menjadi inspirasi utama dalam pengembangan pesawat terbang. Mekanisme pengendalian pada sayap burung, dengan penyederhanaannya, juga telah diterapkan pada pesawat terbang. Burung memiliki mekanisme pengendalian yang sederhana namun maju. Sayap dan ekor burung memiliki kemampuan untuk merubah bentuk sesuai dengan kebutuhan manuver terbang, baik untuk menjaga kestabilan, maupun untuk pengendalian. Pada penelitian ini, kami melakukan perancangan sistem kendali dengan meniru cara pengendalian pada burung. Bidang kendali dan prinsip mekanismenya juga dilakukan dengan meniru mekanisme pada burung. Bidang kendali pada sayap adalah keseluruhan permukaan sayap bagian luar. Sedangkan ekor dapat berdefleksi dalam 2 sumbu: sumbu longitudinal dan sumbu tegak lurus. Sebuah platform simulasi dibuat untuk menunjukkan kinerja dari sistem pengendalian yang dirancang, untuk kemudian sistem ini dipasangkan pada airframe UAV dengan bentuk meniru burung. Komponen-komponen yang digunakan sebagai sistem kendalinya antara lain: baterai, autopilot (flight controller), servo, motor controller, motor dan RC receiver. Sistem kendali yang telah dirancang memberikan respon yang baik terhadap perintah pengendalian yang diberikan.

Kata kunci: burung, UAV, sistem kendali, desain pesawat udara, biomimetik

Abstract

Bird is the main inspiration in the development of aircraft. The control mechanism on bird's wing and tail, with simplification, has been applied to aircraft. Bird has simple yet advance control mechanism. Bird's wing and tail have ability to morph its shape during the flight, in terms of stabilization and control. In this research, we design a control system mimicking bird control mechanism. Both the control surface and it's mechanism is design mimicking the them on bird. The control surface on wings are the whole outer part of wing. While the tail can be rotate on 2 axis: longitudinal axis and it's perpendicular axis. A simulation platform is made to shows how the designed control system's works, which this control system will be installed to the bird-mimicking UAV airframe later. The components that used in the control system are: battery, autopilot (flight controller), servo, motor controller, motor and receiver. The designed control system has shown good respon to the given control command.

Keywords: bird, UAV, control system, aircraft design, biomimetic

Pendahuluan

Burung telah menjadi inspirasi utama dalam pengembangan teknologi pesawat udara. Mekanisme terbang, stabilisasi dan pengendalian pada burung telah diadopsi pada pesawat udara. Namun, tidak keseluruhan kemampuan mekanisme tersebut dapat diterapkan pada pesawat udara. Burung memiliki mekanisme pengendalian yang sederhana, namun maju. Sayap dan ekor burung dapat merubah bentuknya, mulai dari luasnya, geometrinya hingga ke bentuk penampangnya. Hal ini dilakukan secara aktif untuk mendapatkan manuver terbang yang diinginkan, baik dalam bentuk penjagaan kestabilan, maupun untuk pengendalian.

Pada penelitian ini, peniruan mekanisme pengendalian pada burung akan diterapkan lebih besar lagi pada *airframe* UAV dengan bentuk meniru burung. Bidang kendali pada sayap dan ekor UAV akan berukuran lebih besar daripada bidang kendali pada umumnya. Pada sayap, keseluruhan bagian luar sayap mampu berdefleksi, sedangkan pada ekor, keseluruhan *planform* ekor dapat berotasi pada 2 sumbu. Pengendalian menggunakan bidang-bidang kendali ini akan dilakukan oleh sistem kendali yang umum digunakan pada UAV: *autopilot*, servo, motor dll.

Dari penelitian ini didapatkan sistem kendali UAV yang bekerja untuk memberikan perlakuan pengendalian seperti burung. Sistem kendali yang dibuat, pada awalnya akan diujicobakan pada suatu *platform* sederhana, untuk kemudian dipasangkan pada *airframe* UAV meniru bentuk burung. Penelitian ini adalah bagian dari rangkaian penelitian untuk mempelajari mekanisme terbang pada burung, untuk kemudian diterapkan pada UAV.

Tinjauan Pustaka

Mekanisme pengendalian pada burung tidak hanya dilakukan oleh bidang-bidang utama aerodinamikanya, yaitu sayap dan ekor. V. A. Tucker dalam penelitiannya menemukan bahwa kepala burung *hawk* dan *falcon* juga memberikan pengaruh terhadap performa terbang dari burung [1]. Posisi kepala yang sedang menengok mempengaruhi aerodinamika secara signifikan dan dapat digunakan sebagai salah satu bentuk manuver dan pengendalian terbang burung.

Ekor adalah juga memberikan pengaruh yang besar terhadap kestabilan terbang burung. Bila pada pesawat udara berkonfigurasi konvensional, ekor dibedakan menjadi ekor tegak dan ekor datar, pada burung hanya terdapat satu *planform* ekor. Satu *planform* ekor ini mampu untuk memberikan respon pengendalian yang dilakukan oleh kedua ekor pada pesawat konvensional. J. Y. Su dkk. menemukan bahwa ekor *white-eye passerine* menggunakan ekornya secara aktif untuk menjaga kestabilan pada keseluruhan penerbangannya [2]. Ekor *white-eye passerine* digunakan untuk mengembalikan posisi tubuhnya saat sayap burung tersebut mengepak ke bawah. Saat sayap mengepak ke bawah, terjadi aliran yang kuat ke arah belakang sayap. Aliran ini kemudian digunakan oleh ekor untuk melawan gerakan menukik yang dialami oleh tubuh akibat kepak sayap.

Sayap burung memiliki peran yang sangat besar dalam penerbangannya. Selain sebagai pembangkit utama gaya angkat untuk terbang, sayap secara bersamaan juga menjaga kestabilan, memberikan pengendalian dan juga manuver terbang. Sayap burung memiliki kemampuan merubah bentuk (*morphing*) yang sangat mengagumkan. Hingga kini peniruan kemampuan *morphing* sayap pada pesawat udara masih sangat sulit dilakukan. Kemampuan *morphing* ini hanya bisa ditiru secara sebagian saja. Para peneliti di Bristol University telah berhasil meniru kemampuan *morphing* sayap burung untuk melakukan manuver hinggap (*perching*) saat pendaratan terbang [3]. Mereka menjadikan keseluruhan bagian luar sayap UAV menjadi bidang kendali.

Metode Penelitian

Penelitian dimulai dengan perancangan skematik dari sistem kendali. Skematik yang dibangun akan mengikuti skematik yang umum digunakan pada sistem kendali UAV. Komponen-komponen yang termasuk dalam sistem yang dibuat antara lain sumber tenaga, *autopilot*, aktuator dan sistem komunikasi. Pemilihan *autopilot* yang digunakan dibatasi pada komponen kelas pemula.

Untuk melakukan pengujian sistem yang telah dirangkai, sebuah *platform* simulasi dibuat. Dengan menggunakan *platform* simulasi ini, dapat dilihat reaksi dari sistem kendali terhadap perintah kendali yang diberikan, baik yang datang dari *remote controller* (RC), maupun perintah stabilisasi dari *autopilot*. Jumlah bidang kendali pada *platform* simulasi dibuat sama dengan pada burung, yaitu

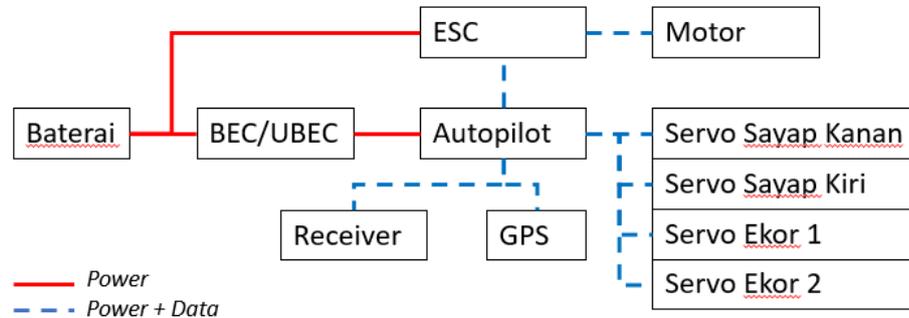
pada masing-masing sisi sayap dan keseluruhan bidang ekor. Namun tidak keseluruhan kemampuan pengendalian pada burung dapat ditiru sepenuhnya. UAV yang dikembangkan memiliki konfigurasi sayap tetap dan bentuk sayap dan ekor yang tidak dapat diubah.

Dengan menggunakan *platform* simulasi ini, juga dilakukan pengaturan terhadap parameter-parameter kendali di autopilot. Pengaturan ini dilakukan agar *autopilot* memberikan reaksi dan perintah yang tepat terhadap masukan dan kondisi terbang UAV.

Hasil dan Pembahasan

Pada burung keseluruhan sayapnya mampu dipuntir secara linear dari *root* sampai *tip*. Oleh karena sayap UAV akan dibuat dari material yang tidak elastis, perubahan linear ini tidak dapat diterapkan. Sebagai pendekatan, pada desain UAV yang dibuat, keseluruhan sayap bagian luar dapat dirotasikan sepenuhnya. Pada ekor, mekanisme pengendalian yang dibuat adalah dengan memungkinkan ekor dapat berotasi pada 2 sumbu. Sumbu pertama yaitu sumbu *longitudinal*, yang memungkinkan ekor untuk berotasi seperti pada gerakan *roll*. Sumbu kedua adalah pada sumbu horisontal sejajar sumbu-y badan, yang memungkinkan ekor berotasi seperti gerakan *pitch* [4].

Untuk membangkitkan gerakan pada bidang-bidang kendali, akan digunakan *servo*. Sehingga, pada sistem kendali, akan dibutuhkan 4 buah *servo*, 1 pada masing-masing sisi sayap dan 2 pada ekor. Keempat *servo* ini akan menerima perintah melalui *autopilot*. Sementara untuk pembangkit gaya dorong, akan digunakan motor brushless. *Motor brushless* ini akan terhubung dengan *Electrical Speed Controller* (ESC) yang berfungsi menyampaikan perintah kendali dari *Autopilot* ke *Motor*. Gambar 1 menunjukkan skematik sistem kendali yang didesain.



Gambar 1. Skematik sistem kendali.

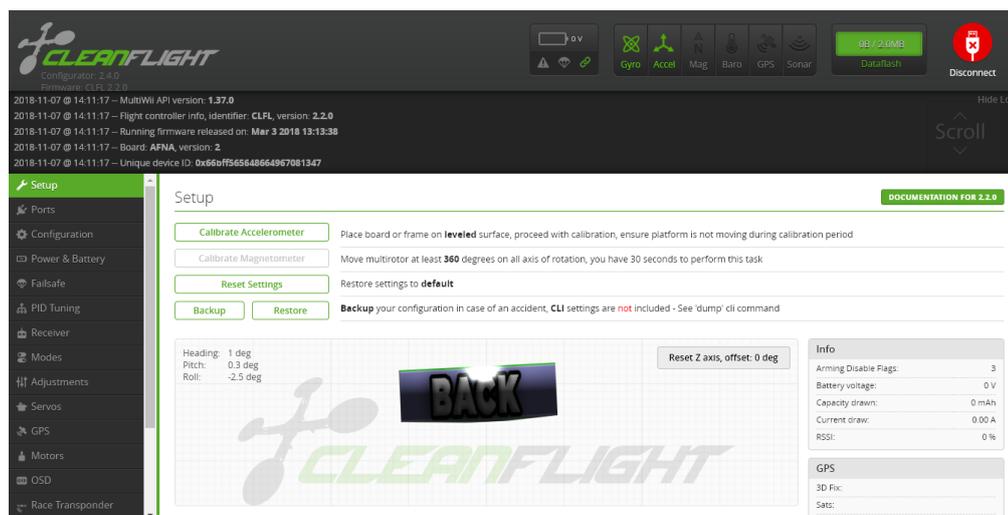
Sistem kendali yang didesain diujikan terlebih dahulu pada sebuah *platform* simulasi. *Platform* simulasi ini dibuat dengan bentuk dan mekanisme yang akan diterapkan pada *airframe* UAV meniru burung. Gambar 2 menunjukkan desain *platform* simulasi dan *airframe* UAV meniru burung.



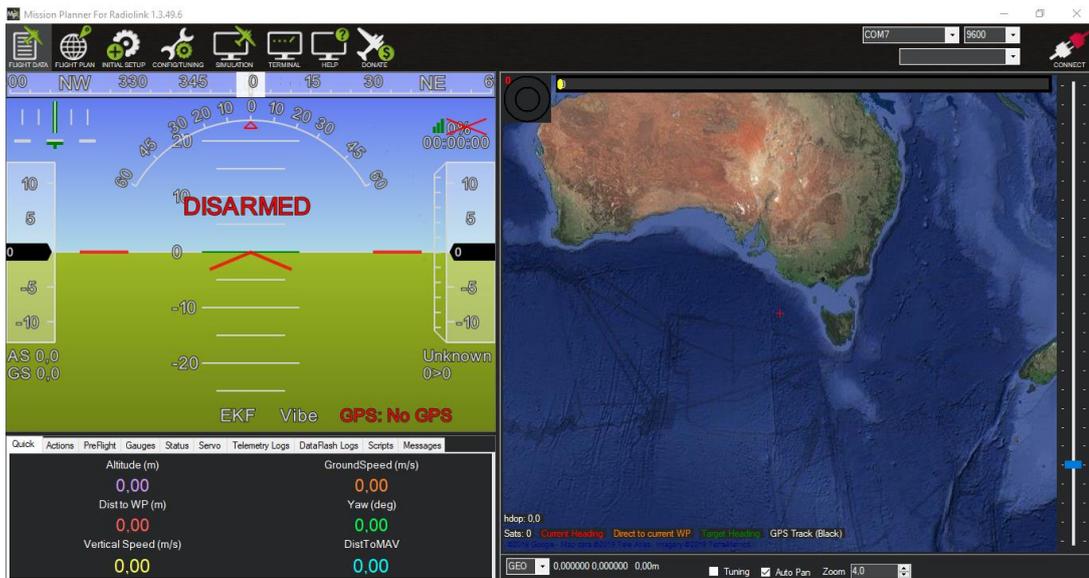
Gambar 2. Kiri: platform simulasi, kanan: airframe UAV meniru burung.

Penempatan tiap komponen sistem kendali pada *platform* simulasi disesuaikan dengan penempatannya di *airframe* UAV sebenarnya. Untuk bidang kendali sayap, *servo* akan ditempatkan di sayap bagian dalam dan terhubung dengan sayap bagian luar. Perputaran *horn* pada *servo* akan menghasilkan defleksi pada keseluruhan sayap luar. Sementara untuk pengendalian pada ekor, 1 buah *servo* akan diletakkan di bagian badan, dan 1 *servo* lainnya dipasangkan pada *planform* ekor. *Servo* yang dipasangkan pada badan akan terhubung dengan *planform* ekor, sehingga perputaran pada *servo* akan memutar juga seluruh *planform* ekor, seperti gerakan *roll*. Sedangkan *servo* yang dipasangkan pada *planform* ekor akan terhubung dengan *holder* ekor, sehingga perputaran pada *servo* ini akan membuat *planform* ekor berdefleksi dan merubah sudut serangnya, seperti gerakan *pitch*.

Autopilot yang diujicobakan pada sistem yang dibuat adalah Naze32 dan MiniPix. Kedua *autopilot* ini berada pada kelas *entry* atau pemula. Sebelum kedua *autopilot* ini dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, perlu dilakukan konfigurasi terhadap parameter-parameter pengendalian. Naze32 menggunakan perangkat lunak *Cleanflight Configurator* sebagai *interface* pengaturannya. Gambar 3 menunjukkan tampilan *Cleanflight Configurator*. Sedangkan MiniPix menggunakan perangkat lunak *Mission Planner* sebagai *interface* pengaturannya. Gambar 4 menunjukkan tampilan *Mission Planner*.



Gambar 3. Tampilan Cleanflight Configurator.



Gambar 4. Tampilan *Mission Planner*.

Di dalam kedua perangkat lunak tersebut, dilakukan pengaturan seperti pemilihan *channel* kendali, *PID tuning*, pengaturan moda terbang dll. Pada pemilihan *channel* kendali, perlu disesuaikan bahwa perintah kendali dari *RC transmitter* memberikan arah defleksi bidang kendali yang sesuai. Pengaturan awal pada *channel* ini adalah AETR, atau *Aileron, Elevator, Throttle* dan *Rudder*. Ini berarti *channel 1* digunakan untuk defleksi *aileron*, *channel 2* untuk defleksi *elevator* dan seterusnya. Dengan menggunakan pengaturan awal ini, maka *servo* pada kedua sayap akan dihubungkan ke *channel 1*, sementara *servo* yang dipasangkan pada *planform* ekor dihubungkan ke *channel 2*. *Channel 3* akan dihubungkan ke ESC, sementara *channel 4* akan dihubungkan ke *servo* ekor yang dipasangkan di badan.

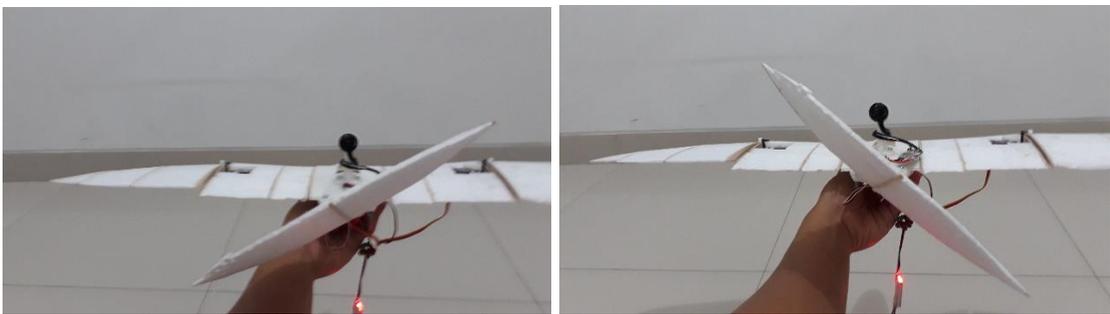
Setelah pengaturan sistem kendali sudah sesuai, sistem kendali dipasangkan ke *airframe* UAV untuk kemudian dilihat kembali respon atas perintah pengendaliannya. Dari pengujian yang dilakukan, sistem kendali telah memberikan respon yang baik terhadap perintah yang diberikan *RC transmitter*. Sudut defleksi yang diberikan juga cukup besar, hal ini akan memudahkan saat pengujian selanjutnya. Di mana apabila sudut defleksi ini dapat diperkecil melalui pengaturan pada *interface* pengaturan *autopilot*. Gambar 5 sampai 8 menunjukkan defleksi pada bidang-bidang kendali pada *airframe* UAV meniru burung.



Gambar 5. Defleksi pada bidang kendali sayap kanan.



Gambar 6. Defleksi pada bidang kendali sayap kiri.



Gambar 7. Defleksi sumbu pertama (*longitudinal*) pada ekor, membuat gerakan *roll* pada platform ekor.



Gambar 8. Defleksi sumbu kedua pada ekor, membuat gerakan *pitch* pada platform ekor.

Kesimpulan

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

1. Perancangan sistem kendali meniru burung telah dilakukan dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Pemilihan komponen sistem kendali sudah sesuai dan dapat bekerja dengan baik setelah dirangkaikan. Kedua *autopilot*, Naze32 dan MiniPix, dapat memberikan respon yang sesuai dengan perintah pengendalian yang diberikan. Pengaturan kedua *autopilot* ini juga cukup mudah dilakukan, terutama bagi pengguna pemula.
3. Massa keseluruhan sistem kendali cukup untuk dipergunakan pada *airframe* UAV sebenarnya.

Daftar Pustaka

- [1] V. A. Tucker, "Gliding Flight: Drag and Torque of a Hawk and a Falcon with Straight and Turned Heads, and a Lower Value for the Parasite Drag Coefficient," *Journal of Experimental Biology*, vol. 203, pp. 3733-3744, 2000.
- [2] J. Y. Su, S. C. Ting, Y. H. Chang, and J. T. Yang, "A passerine spread its tail to facilitate a rapid recovery of its body posture during hovering," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 9, pp. 1674-1684, 2012.
- [3] News article, "UAV performs first ever perched landing using machine learning algorithms," <http://www.bristol.ac.uk/news/2017/january/uav-perched-landing.html>.
- [4] 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.