

Pesawat Udara Nirawak (PUNA) atau *drone* telah memiliki kegunaan strategis dalam masyarakat Indonesia. Saat ini Indonesia memiliki kelemahan dalam kedaulatan teknologi PUNA. Saat ini, penggunaan teknologi PUNA telah merambah ke medan perang. Hal ini menyebabkan adanya ketegangan sosio-politik antar negara. Indonesia sangat berpeluang menjadi korban ketegangan sosio-politik tersebut yang berimbas pada adanya larangan ekspor - impor teknologi PUNA. Maka dari itu penguasaan teknologi PUNA harus menjadi prioritas penelitian Indonesia agar Indonesia dapat berdaulat secara teknologi.

Quadcopter merupakan salah satu jenis PUNA yang sangat populer di Indonesia karena kemampuannya untuk bermanuver maupun kemudahan pemakaiannya. *Quadcopter* memiliki kelemahan terhadap gangguan dari luar maupun terhadap ketidakpastian pengendali. Sehingga diperlukan pengendali yang memiliki ketangguhan dan kemampuan adaptasi terhadap permasalahan tersebut. Pengendali $\mathcal{L}_1$ merupakan pengendali yang cocok untuk menangani *Uncertainties* maupun *disturbance* yang muncul pada *Quadcopter*. Disamping itu, penggunaan representasi *attitude* yang tepat agar pengendalian stabil secara numeris merupakan salah satu komponen utama pengendalian. Quaternion merupakan representasi *attitude* yang tepat karena kemudahan dalam operasi matriks dan kestabilan secara numerik yang lebih baik, serta terhindar dari singularitas.

Maka dari itu sebuah *flight controller* PUNA yang *adaptif* diperlukan untuk pengendalian PUNA agar lebih *robust*. Selain itu penggunaan perhitungan sikap yang tidak mengalami *singularitas* juga perlu ditambahkan pada *flight controller* agar meningkatkan ketangguhan pengendalian PUNA. Rancangan pengendali adaptif $\mathcal{L}_1$ untuk *quadcopter* dengan quaternion ini dapat meningkatkan performa dan ketangguhan dari *quadcopter*. Ketangguhan dari *quadcopter* ini akan meningkat karena adanya kemampuan adaptasi dan pembatasan *control bandwidth*. Performa akan selalu terjaga pada titik desain linear karena adanya kemampuan adaptasi, dan adanya kepastian bahwa sistem akan selalu stabil secara asimtotik.

Beberapa pengujian dengan skenario yang berbeda menunjukkan bahwa pengendali $\mathcal{L}_1$ memiliki performa yang lebih baik dari pengendali LQR. Dalam semua skenario pengujian tersebut, pengendali $\mathcal{L}_1$ dapat menurunkan rata-rata MSE sebesar 26,17 persen dan menurunkan rata-rata ITAE sebesar 29,04 persen dibandingkan pengendali LQR. Peningkatan performa ITAE dalam skenario stabilisasi meningkat hingga 73 persen. Hal ini mengindikasikan bahwa pengendali $\mathcal{L}_1$ dapat meningkatkan performa secara signifikan dibandingkan dengan pengendali linear untuk kasus nonlinier.

Adaptif, Kendali, $\mathcal{L}_1$, PUNA, *Quadcopter*, Quaternion

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) has play strategic roles in Indonesia. Currently Indonesia has weakness in UAV technology sovereignty. Currently, UAV technology has been used intensively in war, this leads into socio-political tension between countries. Indonesia have high probability to be affected by these socio-political tensions, which may result in export-import restriction on UAV technology goods. Therefore, mastering UAV technologies should be Indonesia's research priority so that Indonesia could achieve technological sovereignty.

The quadcopter is one of the most popular types of UAVs in Indonesia due to its maneuverability and ease of use. However, quadcopters are vulnerable to external disturbances and controller uncertainties. Hence, a controller with robustness and adaptive capabilities is required to address these issues. The controller is suitable for handling uncertainties and disturbances that arise in quadcopters. Moreover, the use of an appropriate attitude representation for numerically stable control is a key component in control design. Quaternions provide a suitable attitude representation due to their ease of matrix operations, better numerical stability, and avoidance of singularities.

Thus, an UAV Flight controller that is adaptive were needed for controlling UAV so that it is become more robust. Moreover, the use of attitude representation that is not singular at any point should increase the robustness of UAV control. The design of an adaptive $\mathcal{L}_1$ controller for a quaternion-based quadcopter can improve the performance and robustness of the quadcopter. The robustness improves due to the adaptation capability and control bandwidth limitation. Performance remains maintained at the linear design point due to the adaptation capability, along with the assurance that the system will always be asymptotically stable.

Test conducted across various scenarios demonstrate that the $\mathcal{L}_1$ controller consistently outperforms the LQR controller. In all evaluated scenarios, the $\mathcal{L}_1$ controller reduced the average MSE by 27.17 percent and the average ITAE by 29.04 percent compared to the LQR controller. In stabilization scenario, ITAE performance is increased by 73 percent. This signifies a substantial performance improvement of the $\mathcal{L}_1$ controller over a linear controller for nonlinear application.

Adaptive, Control, $\mathcal{L}_1$, Quadcopter, Quaternion, UAV