

OPTIMALISASI SENSOR *AIR SPEED* DENGAN MOTOR PADA MODE SAYAP TETAP *QUADPLANE UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* UNTUK EFISIENSI DAYA SAAT MISI PEMANTAUAN AREA

Irvanda Nofikho Maise
S1 Teknik Elektro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
irvanda.maise953@gmail.com

Angga Rusdinar, S.T., M.T., Ph.D.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Dr. Duddy Soegiarto S.T., M.T.
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Abstrak — Penelitian ini berfokus pada optimalisasi penggunaan sensor *airspeed* untuk meningkatkan efisiensi energi pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) jenis *quadplane* ketika beroperasi dalam mode sayap tetap (*fixed-wing*). *Quadplane* dipilih karena memiliki keunggulan dalam menggabungkan kemampuan *vertical take-off and landing (VTOL)* yang fleksibel dengan efisiensi aerodinamika pesawat sayap tetap. Metodologi penelitian mencakup beberapa tahap, yaitu validasi sensor *airspeed*, analisis respon *throttle* pada kecepatan jelajah 22 m/s dalam skenario misi *waypoint*, serta pengujian efisiensi energi pada kecepatan 16 m/s dalam misi *loiter*. Hasil validasi sensor menunjukkan tingkat akurasi mencapai $\pm 98\%$, yang menandakan bahwa sensor mampu memberikan data kecepatan udara yang andal. Saat sensor diaktifkan, sistem *throttle* terbukti lebih stabil dibandingkan ketika UAV hanya mengandalkan *ground speed* dari GPS yang rentan dipengaruhi kondisi angin. Dari sisi konsumsi energi, *quadplane* mampu mencapai efisiensi sebesar 2,15 Wh/km, jauh lebih hemat dibandingkan UAV *multirotor* konvensional, seperti Typhoon H480 yang membutuhkan 8,8 Wh/km. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi sensor *airspeed* tidak hanya meningkatkan kestabilan kontrol penerbangan, tetapi juga mendukung pemanfaatan UAV berdaya hemat untuk misi pemantauan jarak jauh yang lebih andal, efisien, serta berkelanjutan.

Kata kunci — *airspeed*, efisiensi energi, *fixed-wing*, *quadplane*, UAV

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) banyak digunakan di bidang agrikultur[1], militer[2], dan penanggulangan bencana[3] karena mampu memantau area secara cepat dan fleksibel. Tren penerbangan saat ini mengarah pada sistem yang ekonomis, hemat energi, dan berbiaya operasional rendah[4]. *Multirotor* konvensional seperti Typhoon H480 unggul dalam manuver dan *VTOL*[5], tetapi kurang efisien untuk jarak jauh karena semua motor aktif selama terbang.

Quadplane UAV menggabungkan keunggulan *VTOL* dan efisiensi mode *fixed-wing*, di mana hanya satu motor utama beroperasi saat jelajah, sehingga berpotensi lebih hemat energi. Namun, efisiensi ini sangat bergantung pada kestabilan kecepatan jelajah. Beberapa UAV masih mengandalkan *ground speed* GPS[6] yang dipengaruhi angin, menyebabkan fluktuasi *throttle* dan pemborosan energi. Penelitian terkait pengaruh sensor *airspeed* terhadap kestabilan *throttle* dan efisiensi daya pada *quadplane* masih terbatas, sehingga diperlukan integrasi sensor *airspeed* untuk meningkatkan performa dan membandingkan efisiensinya dengan *multirotor* konvensional seperti Typhoon H480.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dan *Quadplane*

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone adalah wahana udara tanpa awak yang dapat dikendalikan secara jarak jauh atau beroperasi secara otonom menggunakan autopilot dan sensor seperti GPS dan Inertial Measurement Unit (IMU)[7]. UAV memiliki keunggulan berupa mobilitas tinggi, fleksibilitas muatan, biaya operasional rendah, dan kemampuan menjangkau area sulit dijangkau manusia, termasuk wilayah bencana dan terpencil.

Klasifikasi UAV dapat dilakukan berdasarkan parameter seperti spesifikasi teknis, perlengkapan, ukuran, berat, jangkauan, dan bentuk. Salah satu klasifikasi yang umum digunakan adalah berdasarkan kemampuan terbang dan jumlah propeller. Untuk misi pemantauan area yang luas dengan keterbatasan ruang lepas landas konvensional, dibutuhkan UAV dengan jangkauan jauh, efisiensi energi tinggi, dan kemampuan lepas landas vertikal.

Berdasarkan parameter tersebut UAV tipe hybrid seperti *quadplane* menjadi pilihan optimal karena menggabungkan efisiensi mode *fixed-wing* dengan kemampuan *VTOL*. Pada mode *fixed-wing*, *quadplane* hanya menggunakan satu motor utama sebagai pendorong, sehingga secara teori memberikan efisiensi energi dan jarak tempuh lebih baik dibandingkan UAV *multirotor*.

B. Sensor Airspeed

Indikator *airspeed* mengukur kecepatan udara relatif terhadap UAV melalui perbedaan tekanan statis dan dinamis yang kemudian dikonversi menjadi nilai kecepatan. Data ini penting untuk menjaga kecepatan jelajah dan kestabilan penerbangan, khususnya pada mode otonom.

Pitot tube merupakan tabung pengukur tekanan total dan tekanan statis akibat aliran udara, *static port* untuk mengukur tekanan statis dan *total pressure port* untuk tekanan total. Perbedaan kedua tekanan ini menghasilkan tekanan dinamis yang sebanding dengan kecepatan udara relatif terhadap UAV[8]. *Pitot tube* biasanya ditempatkan di hidung atau sayap UAV, dan pada sistem digital, data tekanan dikirim ke sensor untuk diolah menjadi informasi kecepatan udara protokol I2C.

Sensor *airspeed* bekerja dengan mengukur tekanan diferensial dari *pitot tube*, kemudian mengonversinya menjadi data digital yang dikirim ke *flight controller* untuk dihitung sebagai kecepatan udara menggunakan Persamaan Bernoulli [9] dan disederhanakan menyesuaikan faktor koreksi menjadi,

$$V_{pitot} = \sqrt{\frac{2K\Delta P}{\rho}} \quad (2.1)$$

Kalibrasi dilakukan secara statis sebelum penerbangan dan secara dinamis saat mengudara menggunakan parameter *ARSPD_AUTOCAL*. Validasi akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap nilai teoritis dari persamaan Bernoulli dan *ground speed* GPS. Akurasi dihitung menggunakan Kesalahan Relatif (KSR) dengan persamaan KSR dan Akurasi sebagai berikut[10],

$$KSR (\%) = \left| \frac{\text{Nilai yang terukur} - \text{Nilai sebenarnya}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (2.2)$$

$$\text{Akurasi} (\%) = 100\% - KSR(\%) \quad (2.3)$$

C. Konsep Efisiensi Energi pada UAV Mode Fixed-Wing

Efisiensi energi penerbangan UAV mode *fixed-wing* dapat dianalisis melalui perbandingan antara total energi yang digunakan dengan jarak tempuh. Daya dihitung dari hasil perkalian tegangan dan arus sesuai persamaan (2.4)[11],

$$\text{Daya (P)} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (I)} \quad (2.4)$$

kemudian energi total diperoleh dari daya rata-rata dikalikan durasi penerbangan persamaan (2.5)(2.6)[12].

$$\text{Energi (W)} = \text{Daya(P)} \times \text{Waktu(T)} \quad (2.5)$$

$$\text{Energi}_{tot} (Wh) = \frac{\text{Rata}^2 \text{ Daya (P)} \times \text{durasi (s)}}{3600} \quad (2.6)$$

Untuk penerbangan pada misi *loiter*, jarak total dihitung dari keliling lintasan melingkar persamaan (2.7)[13]

$$\text{Keliling 1 putaran} = 2\pi r \quad (2.7)$$

Kemudian yang dikalikan jumlah putaran (2.8).

$$\text{Jarak}_{tot} = n \times 2\pi r \quad (2.8)$$

Efisiensi energi dinyatakan dalam satuan Wh/km dengan membagi energi total terhadap jarak tempuh (2.9)[14].

$$\text{Efisiensi Energi} \left(\frac{Wh}{Km} \right) = \frac{\text{Energi}_{tot}(Wh)}{\text{Jarak}_{tot}(Km)} \quad (2.9)$$

Hubungan antara kecepatan udara, *throttle*, dan konsumsi daya menjadi faktor utama penentu efisiensi. Kestabilan pembacaan sensor *airspeed* mempengaruhi kestabilan *throttle*, yang pada akhirnya berdampak langsung pada penghematan energi selama penerbangan mode *fixed-wing*.

D. Navigasi Waypoint dan Loiter pada Sistem Otonom

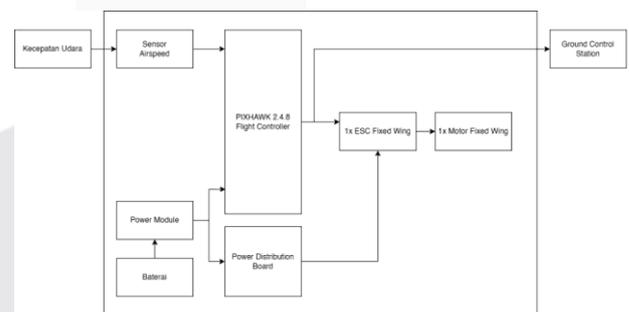
Navigasi berbasis waypoint digunakan untuk menentukan jalur terbang UAV. Navigasi ini bekerja dengan menetapkan titik koordinat tertentu yang akan dilalui UAV agar menghasilkan rute terbang yang optimal. Waypoint adalah pengembangan dari navigasi dasar dan menjadi pondasi untuk teknologi lebih kompleks seperti path planning dan navigasi otonom[15].

Navigasi loiter adalah navigasi untuk menugaskan UAV dalam misi berputar (mengorbit) mengelilingi suatu titik pusat yang ditentukan dengan radius tertentu, sehingga UAV mempertahankan pola lingkaran selama misi berlangsung[16].

III. METODE

Pada bagian ini memberikan gambaran terkait penelitian meliputi diagram blok, desain *hardware*, pemilihan komponen, dan *flowchart* sistem.

A. Diagram Blok



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

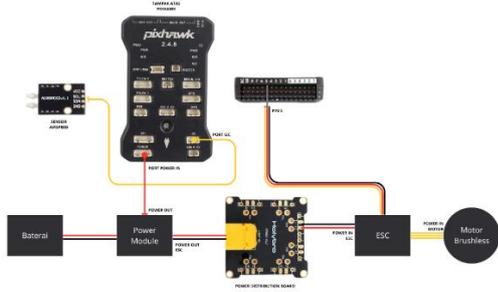
Pada gambar 3.1 merupakan diagram blok yang menunjukkan alur kerja UAV pada mode *fixed-wing* setelah transisi dari mode VTOL. Sebelum penerbangan, UAV dikonfigurasi melalui *Ground Control Station* (GCS) lebih tepatnya pada *software* Ardupilot Mission Planner (APM) untuk misi otonom mencakup penentuan rute terbang, ketinggian, dan kecepatan.

Selama misi, sensor *airspeed* mengukur kecepatan udara secara akurat, menggantikan keterbatasan pembacaan kecepatan dari GPS, sehingga UAV dapat mempertahankan kecepatan jelajah sesuai yang ditentukan. Data dari sensor

dan *software* diproses oleh *flight controller* untuk mengatur kendali motor dan parameter penerbangan secara otonom.

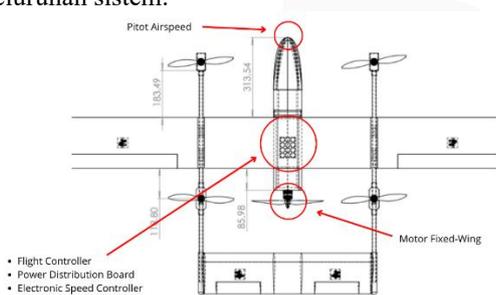
Pada mode jelajah, hanya motor utama *fixed-wing* yang digunakan sebagai pendorong, sehingga konsumsi daya baterai berkurang dan efisiensi energi meningkat. Seluruh data penerbangan, seperti kecepatan dan ketinggian, dikirim kembali ke perangkat lunak dan ditampilkan pada *Head-Up Display* (HUD) untuk pemantauan oleh operator di darat.

B. Desain Perangkat Keras



Gambar 3. 2 Skematik Rangkaian

Pada gambar 3.2 merupakan skematik dari rangkaian yang telah dibuat. Berbagai komponen yang dihubungkan sesuai pada skematik tersebut sehingga dapat menjalankan keseluruhan sistem.



Gambar 3. 3 Layout Komponen

Pada gambar 3.3 menampilkan *layout* pemasangan komponen pada sistem pengujian, *flight controller*, ESC, dan PDB ditempatkan pada bagian tengah dan belakang badan UAV karena posisi depan sebagai penempatan baterai, komponen sensor *airspeed*, dan sistem kamera.

C. Pemilihan Komponen

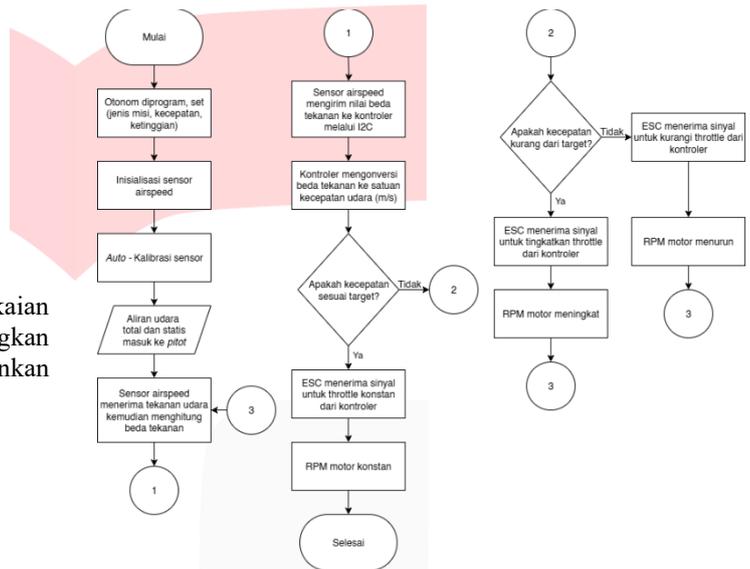
Berdasarkan perbandingan pemilihan komponen, maka dapat disimpulkan bahwa komponen yang paling tepat penggunaannya untuk UAV quadplane yang digunakan serta sesuai dengan kebutuhan penelitian dirangkum pada tabel 3.6.

Tabel 3. 1 Pemilihan Komponen

No	Unsur Sistem	Jenis Komponen	Komponen Terpilih
1	Sensor	Sensor Airspeed	MS4525 Digital
2	Mikrokontroler	<i>Flight Controller</i>	Pixhawk 2.4.8

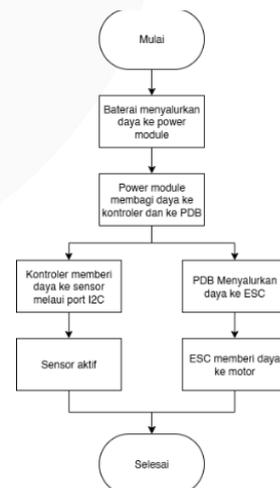
3	Aktuator	Motor <i>Brushless</i>	2814 900KV
4	Pendukung	ESC	40A
		PDB	Matek PDB

D. Flowchart



Gambar 3. 4 *Flowchart* sistem

Pada gambar 3.4 menampilkan *flowchart* sistem, dimulai dari inisialisasi sensor kemudian pengolahan data oleh *flight controller* hingga menyesuaikan *throttle* untuk kecepatan putaran motor.



Gambar 3. 5 *Flowchart* distribusi daya

Pada gambar 3.5 menampilkan *flowchart* distribusi daya, dimulai dari baterai kemudian memberi *supply* ke sensor melalui *flight controller* dan PDB menyalurkan daya ke ESC dan ke motor pada sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan sensor airspeed terhadap kestabilan *throttle* dan efisiensi daya pada UAV quadplane saat terbang dalam mode fixed-wing. Pengujian dilakukan melalui tahapan validasi sensor *airspeed* terlebih dahulu, kemudian menganalisis pengaruh sensor *airspeed* terhadap respon *throttle* dibandingkan dengan tanpa sensor *airspeed*. Setelah itu, melakukan pengujian efisiensi energi yang akan di validasi oleh *multirotor* UAV pada penelitian terdahulu.

A. Validasi Sensor Airspeed

Validasi dilakukan dengan membandingkan data *airspeed* log dari sensor pitot terhadap hasil kalkulasi menggunakan rumus Bernoulli serta *ground speed* dari GPS. Hasilnya disajikan pada grafik di gambar 3.6



Gambar 3. 6 Grafik log pengujian sensor *airspeed*

Tabel 3. 2 Pengujian validasi dan akurasi sensor

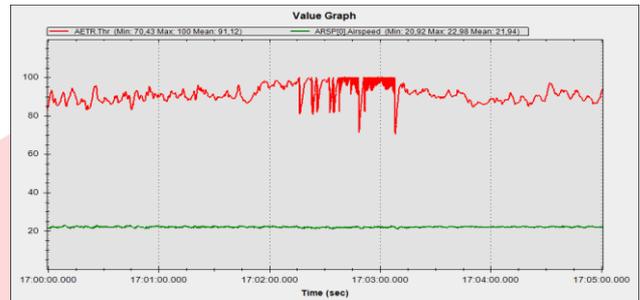
No	ΔP (Pa)	AS log (m/s)	AS calc (m/s)	KSR (%)	Akurasi (%)	GS log (m/s)	Selisih (GS - AS) log (m/s)
1	140,37	16,14	15,86	1,77	98,23	18,63	2,49
2	152,84	16,84	16,55	1,75	98,25	18,96	2,12
3	146,85	16,51	16,22	1,79	98,21	19,23	2,72
4	158,58	17,16	16,86	1,78	98,22	19,35	2,19
5	159,22	17,19	16,89	1,78	98,22	19,39	2,2
6	149,60	16,66	16,37	1,77	98,23	18,98	2,32
7	129,66	15,51	15,24	1,77	98,23	19,28	3,77
8	150,06	16,69	16,4	1,77	98,23	20,22	3,53
9	151,14	16,76	16,46	1,82	98,18	20,78	4,02
10	162,46	17,38	17,06	1,88	98,12	21,1	3,72

Perhitungan AS calc berdasarkan persamaan (2.1) terhadap AS log menghasilkan nilai KSR kecil dengan akurasi sekitar 98%, masih dalam batas toleransi pengujian lapangan. Selisih rata-rata *ground speed* dan AS log sebesar 2,9 m/s menunjukkan pengaruh angin, namun tetap di bawah batas toleransi 3 m/s sesuai datasheet. Konsistensi hasil ini membuktikan sensor pitot bekerja akurat, sehingga sistem pengukuran *airspeed* pada UAV tervalidasi dan layak

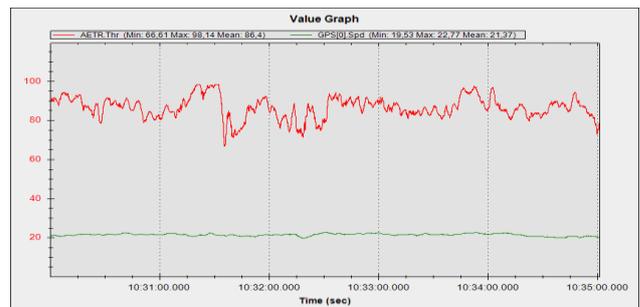
digunakan untuk kendali kecepatan serta optimasi performa terbang.

B. Pengujian Respon Throttle

Pada pengujian respon *throttle* terhadap *airspeed* dan *ground speed*, dilakukan dua skema pengujian pada kecepatan, ketinggian, dan durasi sampel yang sama untuk mengevaluasi efektifitas penggunaan sensor *airspeed* di bandingkan hanya mengandalkan nilai *ground speed* dari GPS pada mode *fixed-wing*.



Gambar 3. 7 Grafik log *throttle* terhadap *airspeed*



Gambar 3. 8 Grafik log *throttle* terhadap *ground speed*

Pada grafik di gambar 3.7 dan gambar 3.8 melampirkan perbedaan karakteristik pembacaan kecepatan diantara keduanya, karena terdapat perbedaan karakteristik tersebut menimbulkan perbedaan pada respon *throttle* nya. Dalam menganalisis lebih detail maka kedua grafik tersebut dikonversi ke perbandingan pada tabel 3.3 perbandingan dimana *airspeed* terhadap *throttle* sebagai “Skenario A” dan *ground speed* terhadap *throttle* sebagai “Skenario B”.

Tabel 3. 3 Perbandingan skenario A dan skenario B

Waktu (s)	Skenario A		Skenario B	
	<i>Airspeed</i> (m/s)	<i>Throttle</i> (%)	<i>Ground Speed</i> (m/s)	<i>Throttle</i> (%)
30	21,90	87,12	21,3	88,89
60	22,58	90,78	21,48	82,49
90	21,94	89,67	21,61	96,38
120	22,47	94,50	21,33	85,22
150	21,54	98,36	22,57	79,62
180	21,76	98,07	22,45	89,20
210	22,02	89,64	21,34	85,36
240	21,74	88,65	21,69	85,33
270	21,84	89,32	20,45	82,19

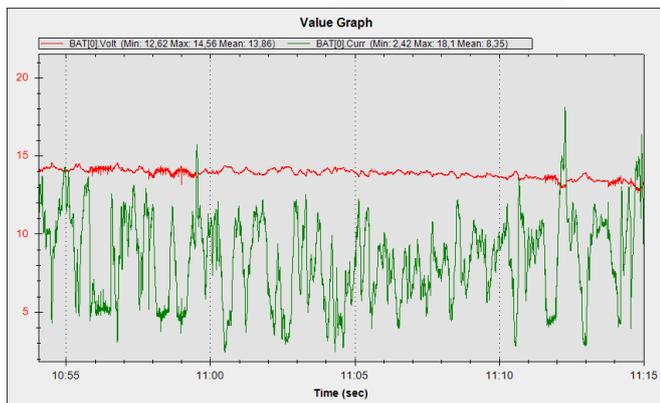
300	22,11	91,48	20,39	72,92
-----	-------	-------	-------	-------

Berdasarkan perbandingan pada tabel 3.3, dapat diperoleh bahwa pada skenario A, nilai *airspeed* cenderung lebih stabil dalam rentang 21,5 – 22,6 m/s, dengan nilai *throttle* yang juga relatif konstan dengan rata-rata 91,15%. Sebaliknya pada skenario B, *ground speed* menunjukkan fluktuasi yang lebih besar, yakni antara 20,4 – 22,7 m/s, yang berdampak pada perubahan *throttle* yang lebih dinamis, bahkan sempat turun hingga 72,92%. Grafik log penerbangan memperlihatkan bahwa respon *throttle* pada skenario B lebih tidak stabil dibandingkan skenario A. Hal ini disebabkan oleh *ground speed* yang dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin, sehingga tidak merepresentasikan kecepatan sebenarnya terhadap udara.

Akibatnya, sistem autopilot harus melakukan penyesuaian *throttle* secara terus-menerus untuk menjaga kecepatan UAV, yang berpotensi meningkatkan konsumsi daya. Dengan demikian, penggunaan sensor *airspeed* terbukti lebih efisien dan stabil dalam mengatur kecepatan UAV, karena memberikan informasi kecepatan yang lebih akurat bagi sistem kontrol.

C. Pengujian Efisiensi Energi

Pengujian efisiensi energi dilakukan untuk mengevaluasi seberapa optimal penggunaan daya pada UAV setelah sensor *airspeed* dinilai telah akurat, pengujian ini akan dilakukan pada misi *loiter* dengan radius ± 300 m, kecepatan ± 16 m/s, dan sebanyak 10 putaran. Baterai yang digunakan pada pengujian ini adalah baterai Li-Ion 18650 3,7V kapasitas 3350 mAh dengan konfigurasi 4S5P (4 Seri & 5 Paralel) menghasilkan tegangan optimal total 14,8V dan kapasitas total 16.750 mAh.



Gambar 3. 9 Grafik arus dan tegangan selama misi *loiter*

Berdasarkan grafik pada gambar 3.9, didapatkan nilai tegangan rata-rata sebesar 13,86V dan arus rata-rata sebesar 8,35A. Dalam menghitung nilai efisiensi pertama-tama perlu mengetahui konsumsi energinya dahulu, dengan cara mencari nilai daya berdasarkan persamaan (2.4) dihasilkan daya rata-rata sebesar 115,73 W. Selanjutnya, untuk mengetahui konsumsi energi total selama *loiter* maka digunakan persamaan (2.6) menghasilkan energi total sebesar 40,50 Wh. Kemudian, dalam menentukan efisiensi energi per

satuan jarak, maka perlu diketahui dulu jarak yang ditempuh UAV selama pengujian dengan persamaan (2.8) menghasilkan jarak 18,85 Km. Setelah total konsumsi daya dan total jarak dihasilkan, maka bisa dilakukan perbandingan efisiensi energi dengan menggunakan persamaan (2.9) menghasilkan nilai efisiensi energi *quadplane* UAV sebesar 2,15 Wh/km.

D. Perbandingan Efisiensi Dengan *Multirotor* Konvensional

Tabel 3. 4 komparasi UAV

Nama UAV	Berat (kg)	Kecepatan (m/s)	Energi Total (Wh)	Efisiensi Energi (Wh/km)
Typhoon	2,85	10	44,00	8,80
Quadplane	3,8	16	40,50	2,15

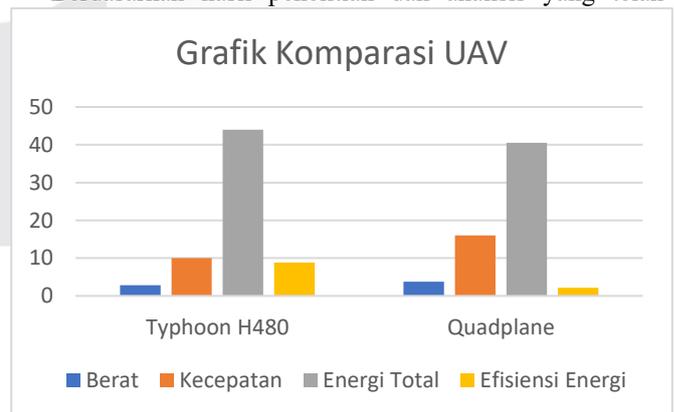
Dalam pengujian efisiensi energi UAV dilakukan dengan membandingkan nilai konsumsi energi per kilometer (Wh/km) UAV *quadplane* terhadap UAV Typhoon H480 seperti pada tabel mencatat konsumsi energi sebesar 44 Wh pada jarak tempuh 5 km dengan berat 2,85 kg dan kecepatan jelajah 10 m/s, menghasilkan efisiensi 8,8 Wh/km.

Sementara itu, UAV *quadplane* dalam penelitian ini diuji dengan berat 3,8 kg pada kecepatan 16 m/s untuk misi *loiter* dengan total jarak 18,85 km. Total energi yang dikonsumsi adalah 40,50 Wh, dan menghasilkan efisiensi 2,15 Wh/km.

Berdasarkan hasil perbandingan pada tabel 3.4, dapat divisualkan menjadi grafik perbandingan pada gambar 3.10, dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa meskipun kondisi wahana lebih menguntungkan *multirotor* Typhoon, namun pengaruh dari jumlah motor yang aktif pada *multirotor* serta efisiennya penerbangan *fixed-wing* pada *quadplane* menimbulkan gap konsumsi energi per kilometer yang jauh.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah



Gambar 3. 10 Grafik komparasi UAV

dilakukan, penggunaan sensor *airspeed* secara signifikan meningkatkan kestabilan *throttle* pada mode *fixed-wing*. Ketika sensor aktif, *throttle* dapat dijaga secara konstan dan responsif terhadap perubahan kecepatan udara, sehingga kecepatan jelajah UAV dapat dipertahankan lebih stabil. Sebaliknya, ketika sensor dinonaktifkan dan sistem

mengandalkan ground speed dari GPS, terjadi fluktuasi throttle yang cukup besar akibat pengaruh lingkungan seperti angin. Dengan demikian, sensor airspeed terbukti krusial dalam menjaga efisiensi dan kestabilan penerbangan.

Terkait efisiensi energi, UAV quadplane yang diuji memiliki tingkat efisiensi energi sebesar 2,15 Wh/km, jauh lebih hemat dibandingkan UAV multirotor (Typhoon H480) yang tercatat 8,80 Wh/km. Hal ini menunjukkan efisiensi sebesar 75,56% menandakan bahwa konfigurasi fixed-wing pada UAV quadplane lebih unggul dalam konsumsi energi, bahkan ketika membawa beban lebih berat dan beroperasi pada kecepatan lebih tinggi. Hal ini menjadikan UAV quadplane lebih ideal untuk misi pemantauan jarak jauh dan durasi lama.

Korelasi yang kuat terlihat antara akurasi pembacaan airspeed dan kestabilan throttle, korelasi ini menghasilkan penggunaan daya yang lebih stabil dan efisien, serta mencegah pemborosan energi akibat respon throttle yang fluktuatif. Dengan demikian, sensor airspeed bukan hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai faktor kunci dalam mengoptimalkan konsumsi daya UAV secara keseluruhan.

REFERENSI

- [1] P. Radoglou-Grammatikis, P. Sarigiannidis, T. Lagkas, and I. Moscholios, "A compilation of UAV applications for precision agriculture," *Computer Networks*, 2020.
- [2] M. A. Ma'sum *et al.*, "Simulation of Intelligent Unmanned Aerial Vehicle (UAV) For Military Surveillance," *IEEE*, 2013.
- [3] M. Lyu, Y. Zhao, C. Huang, and H. Huang, "Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue: A Survey," Jul. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/rs15133266.
- [4] A. Bakar, L. Ke, H. Liu, Z. Xu, and D. Wen, "Design of Low Altitude Long Endurance Solar-Powered UAV Using Genetic Algorithm," *MDPI*, 2021.
- [5] S. Choi, "Title: Energy and carbon analysis of multirotor UAVs for urban parcel Delivery Author," *SSRN*, 2025, [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=5276482>
- [6] H. S. Saroinsong, V. C. Poekoel, and P. D. K. Manembu, "jm_elektro,+Jurnal-Hardy+Samuel+Saroinsong_120213038+(1)".
- [7] S. A. H. Mohsan, M. A. Khan, F. Noor, I. Ullah, and M. H. Alsharif, "Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review," *MDPI*, Jun. 2022.
- [8] J. Sugiharto, "APLIKASI SENSORPRESSURE AIR SPEED INDICATOR PADA PESAWAT MODEL JD-010 BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535," *Universitas Suryadarma*.
- [9] A. Cho, J. Kim, S. Lee, and C. Kee, "Wind Estimation and Airspeed Calibration using a UAV with a Single-Antenna GPS Receiver and Pitot Tube," *IEEE*, Jan. 2011.
- [10] MK Tugas Akhir, "Kalibrasi & Statistik Sederhana," 2025, *Telkom University*.
- [11] R. Iswanda, "RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN SENSOR ACS712 DAN ZMPT101B," *UNISSULA*, 2024.
- [12] M. Huda, "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Induksi Di Instalasi Pengolahan Air Produksi II Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda) Kota Semarang," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 13, no. 2, pp. 104–110, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1292.
- [13] M. Saleh, R. Mahmuzah, and N. Ayu, "PEMBELAJARAN LUAS DAN KELILING LINGKARAN MELALUI PENDEKATAN CONTEXTUAL TEACHING ANDLEARNING," *Jurnal Numeracy*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [14] R. Bima, I. Made Mara, J. Majapahit No, K. Selaparang, K. Mataram, and N. Tenggara Barat, "Pengaruh Variasi Rasio Gear Dan Berat Kendaraan Terhadap Efisiensi Energi Pada Kendaraan Prototipe Listrik Fakultas Teknik Universitas Mataram," *ROTASI*, vol. 27, no. 1, pp. 23–28, 2025.
- [15] O. Meister, R. Mönikes, J. Wendel, N. Frietsch, C. Schlaile, and G. F. Trommer, "Development of a GPS/INS/MAG navigation system and waypoint navigator for a VTOL UAV," G. R. Gerhart, D. W. Gage, and C. M. Shoemaker, Eds., Apr. 2007, p. 65611D. doi: 10.1117/12.718623.
- [16] P. B. Sujit, S. Saripalli, and J. B. Sousa, "An Evaluation of UAV Path Following Algorithms," 2013. doi: 10.0/Linux-x86_64.