

SISTEM PENGUKURAN MULTI SENSOR DENGAN AKUISISI DATA DALAM APLIKASI UJI TERBANG PESAWAT

Dimas Septa¹, Muchammad Furqon², Rakin Ghiyat Nauvaldy³,
Kurniawan⁴, Rayhan Kemal⁵, Tia Dikatama Tsania⁶

^{1,2,3,5}Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma;

^{4,6}National Air And Space Power Of Indonesia

¹dimasseptabahari@gmail.com; ^{2,3,5}Muchammadfurqon10@gmail.com;

^{4,6}ikeo.santai@gmail.com;

Abstrak — Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk menguji kinerja sistem akuisisi data nDAU-2016 dalam aplikasi uji terbang pesawat, khususnya dalam hal; kemampuan mengintegrasikan data dari berbagai sensor analog dan digital dan kemampuan memvisualisasikan data secara *real-time*. Dengan berkembangnya teknologi berdampak pada kompleksitas kendaraan angkut, khususnya pesawat terbang yang mengalami peningkatan. Hal ini menyebabkan tuntutan pada sistem uji terbang menjadi lebih tinggi. Berbagai jenis besaran dari sensor dan sumber digital harus dapat diakuisisi dan dipantau secara real-time, serta data-data tersebut perlu disimpan secara sinkron. Jadwal uji terbang yang ketat memerlukan sistem pengukuran yang stabil dan efektif. Dalam hal ini, diperlukan kemampuan untuk mengintegrasikan kumpulan informasi dari berbagai sumber ke dalam satu sistem, sehingga informasi tersebut terkumpul dalam satu sumber terpusat. Untuk menjawab tantangan ini, sistem uji terbang modular yang terdiri dari sistem pengukuran multi-sensor dan teknologi akuisisi data telah menjadi solusi yang memungkinkan di era sekarang. Semua data analog dan digital yang diakuisisi disimpan di pesawat, divisualisasikan secara real-time, dan dapat dikirim secara paralel ke stasiun darat melalui sistem telemetry. Dengan demikian, data pengukuran dapat dilihat dan dievaluasi secara *real-time* menggunakan perangkat lunak sistem proses data tanpa harus mendaratkan pesawat, sehingga menghemat waktu dan lebih efisien.

Kata kunci: uji terbang, akuisisi data, telemetry, pemantauan, sistem pengukuran multi-sensor, sistem proses data.

Abstrak — *This research was conducted with the aim of testing the performance of the nDAU-2016 data acquisition system in aircraft flight test applications, especially in terms of: The ability to integrate data from various analog and digital sensors and the ability to visualize data in real-time. The development of technology has an impact on the complexity of transport vehicles, especially aircraft that have increased. This causes the demands on the flight test system to be higher. Various types of quantities from sensors and digital sources must be acquired and monitored in real-time, and the data needs to be stored synchronously. Tight flight test schedules require a stable and effective measurement system. In this case, the ability to integrate a collection of information from various sources into one system is needed, so that the information is collected in one centralized source. To answer this challenge, a modular flight test system consisting of a multi-sensor measurement system and data acquisition technology has become a possible solution in today's era. All analog and digital data acquired is stored on the aircraft, visualized in real-time, and can be sent in parallel to the ground station via a telemetry system. Thus, measurement data can be viewed and evaluated in real-time using data processing system software without having to land the aircraft, thus saving time and being more efficient.*

Keywords: *flight test, data acquisition, telemetry, monitoring, multi-sensor measurement system, data processing system.*

1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan jaman yang semakin maju dengan era digitalisasi terdapat peningkatan yang signifikan sehingga dengan meningkatnya kompleksitas di armada pesawat terbang yang semakin modern, sistem uji terbang (*Flight Test Instrumentation/FTI*) juga mengalami peningkatan tuntutan. Berbagai jenis sinyal dan sensor, baik analog maupun digital, harus diakuisisi, dipantau, dan disimpan secara sinkron dalam satu sistem penyimpanan data. Selain itu, jadwal uji terbang yang ketat memerlukan sistem pengukuran yang stabil dan efektif. Untuk memenuhi tantangan ini, diperlukan sistem akuisisi data yang mampu mengintegrasikan data dari berbagai sumber sensor dan mentransmisikannya secara real-time ke stasiun darat. Sistem nDAU-2016 dari Curtiss Wright adalah salah satu solusi yang dapat menjawab tantangan ini. Sistem ini dirancang untuk menangani data dari berbagai saluran (multi-channel), termasuk sensor analog dan protokol komunikasi digital seperti ARINC-429, MIL-1553, CAN, RS232, RS422, dan RS485. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur telemetry yang memungkinkan transmisi data ke stasiun darat secara real-time.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain kuasi-eksperimen untuk mengevaluasi kinerja sistem akuisisi data nDAU-2016 dalam aplikasi uji terbang pesawat. Sistem ini diintegrasikan dengan berbagai sensor analog dan digital pada pesawat uji, dan kinerjanya diamati selama uji terbang.

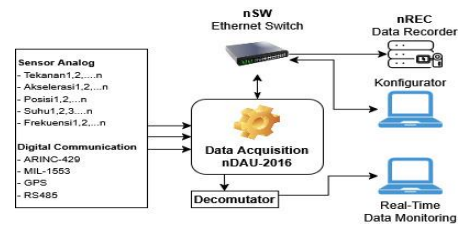


Diagram Alur Proses Pengujian Sistem Akuisisi Data nDAU-2016
Sumber: Penulis (2021)

2.2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sistem akuisisi data nDAU-2016, yang difokuskan pada kemampuannya dalam menerima masukan dari berbagai sensor (analog dan digital). Berikut adalah gambar perangkat nDAU-2016 yang digunakan dalam penelitian:



Perangkat Sistem Data Akuisisi nDAU-2016
Sumber: Katalog Curtiss-Wright

2.3. Instrumen Penelitian

Keberhasilan penelitian ini didukung oleh berbagai peralatan pendukung, baik perangkat keras maupun lunak. Berikut adalah tabel daftar peralatan yang digunakan:

2.3.1. Sensor Analog

- Sensor Suhu Rem: Digunakan untuk mengukur suhu pada sistem rem pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari -50°C hingga 200°C dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
- Sensor Inclinasi (Trim Kontrol Surface): Digunakan untuk mengukur kemiringan permukaan kontrol pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari -5° hingga 5° dengan akurasi $\pm 0.1^{\circ}$.

2.3.2. Data Digital Komunikasi

- Sensor Kecepatan Udara: Digunakan untuk mengukur kecepatan udara pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 150 Knot dengan akurasi ± 0.1 Knot.

- Sensor Ketinggian: Digunakan untuk mengukur ketinggian pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga < 30000 Kaki dengan akurasi ± 1 Kaki.

2.3.3. Kalibrator

- Sensor Kecepatan Udara: Digunakan untuk mengukur kecepatan udara pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 150 Knot dengan akurasi ± 0.1 Knot.
- Sensor Ketinggian: Digunakan untuk mengukur ketinggian pesawat. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 10000 Kaki dengan akurasi ± 1 Kaki.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Integrasi Multi-Sensor

Sistem nDAU-2016 berhasil mengintegrasikan data dari berbagai sensor analog dan digital. Berikut adalah diagram blok yang menunjukkan integrasi antara sensor dan sistem akuisisi data:

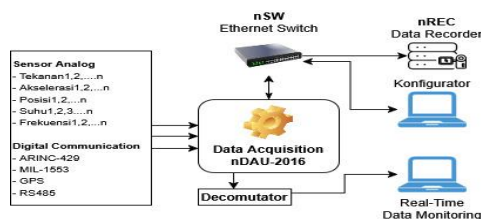
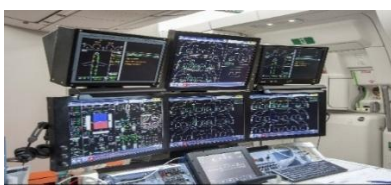


Diagram Blok Integrasi Multi-Sensor Sumber: Penulis (2021)

3.2. Real-Time Data Visualization

Sistem ini mampu memvisualisasikan data secara real-time melalui perangkat lunak yang terintegrasi. Berikut adalah contoh tampilan visualisasi data:



Tampilan Visualisasi Data Real-Time
Sumber: Airbus A350 XWB (2014)

3.3. Penelitian Analog Sensor

Penelitian ini menggunakan objek penelitian 2 analog sensor:

- Sensor analog sebagai pengukur suhu

pengeraman.

- Sensor analog sebagai pengukur inklinasi trim kontrol *surface*.

3.4. Perbandingan Data Suhu Rem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem nDAU-2016 mampu mengakuisisi data suhu rem dengan akurasi yang sangat tinggi. Berikut adalah tabel perbandingan data suhu rem antara kalibrator dan nDAU-2016:

No	Kalibrator Suhu (°C)	Data nDAU-2016 Suhu Rem (°C)	% Error
1	25	25.0	0.173%
2	50	50.1	0.173%
3	75	75.1	0.173%
4	100	100.2	0.173%
5	125	125.2	0.173%
6	150	150.3	0.173%
7	175	175.3	0.173%
8	200	200.3	0.173%

Perbandingan Data Suhu Rem antara Kalibrator dan nDAU-2016
Sumber: Penulis (2021)

3.5. Perbandingan Data Kemiringan (*Trim Control Surface*)

Sistem nDAU-2016 juga menunjukkan akurasi yang tinggi dalam mengakuisisi data kemiringan (trim kontrol *surface*). Berikut adalah tabel perbandingan data kemiringan antara kalibrator dan nDAU-2016:

No	Kalibrator Inklinasi (°)	Data nDAU-2016 Defleksi (°)	% Error
1	5	5.0	0.385%
2	3	3.0	0.385%
3	0	0.0	0.385%
4	-3	-3.0	0.385%
5	-5	-5.0	0.385%

Perbandingan Data Kemiringan (Trim Kontrol Surface) antara Kalibrator dan nDAU-2016
Sumber: Penulis (2021)

3.6. Penelitian Data Digital Komunikasi

Penelitian pengukuran menggunakan masukan data digital komunikasi dalam hal ini menggunakan data digital komunikasi dengan protokol ARINC-429.

- Data pengukuran indikasi kecepatan udara.
- Data pengukuran ketinggian dari tekanan barometrik.

3.7. Perbandingan Data Kecepatan Udara

Sistem nDAU-2016 mampu mengakuisisi data kecepatan udara dengan akurasi sempurna (0% error). Berikut adalah tabel perbandingan data kecepatan udara antara kalibrator dan nDAU-2016:

No	Kalibrator Data Udara (Knot)	Data nDAU-2016 Kecepatan Udara (Knot)	% Error
1	0	0.0	0.000%
2	30	30.0	0.000%
3	60	60.0	0.000%
4	90	90.0	0.000%
5	120	120.0	0.000%
6	150	150.0	0.000%

Perbandingan Data Kecepatan Udara antara Kalibrator dan nDAU-2016
Sumber: Penulis (2021)

3.8. Perbandingan Data Ketinggian

Sistem nDAU-2016 juga menunjukkan akurasi sempurna dalam mengakuisisi data ketinggian. Berikut tabel perbandingan data ketinggian antara kalibrator dan nDAU-2016:

No	Kalibrator Data Ketinggian (Kaki)	Data nDAU-2016 Ketinggian (Kaki)	% Error
1	0	0.0	0.000%
2	2000	2000.0	0.000%
3	4000	4000.0	0.000%
4	6000	6000.0	0.000%
5	8000	8000.0	0.000%
6	10000	10000.0	0.000%

Perbandingan Data Ketinggian antara Kalibrator dan nDAU-2016
Sumber: Penulis (2021)

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1. Kesimpulan

- **Akurasi Data Sensor Analog:**
 - Data suhu rem yang diakuisisi oleh nDAU-2016 memiliki error rata-rata sebesar 0.173%.
 - Data kemiringan (*trim control surface*) memiliki error rata-rata sebesar 0.385%.
 - *Error* yang muncul pada sensor analog dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:
 - Peletakan Perangkat Sensor: Posisi peletakan sensor yang tidak optimal dapat menyebabkan perubahan dalam pengukuran. Misalnya, adanya gangguan mekanis (seperti getaran atau gesekan) dapat membuat proses pembacaan menjadi tidak linear.
 - Proses Kalibrasi Sensor: Proses kalibrasi yang kurang akurat dapat memengaruhi hasil pengukuran. Kalibrasi bertugas untuk menterjemahkan besaran elektrik ke besaran fisik, sehingga ketidakakuratan dalam proses ini dapat menyebabkan *error* pada data yang dihasilkan.

- **Akurasi Data Komunikasi Digital:** Data kecepatan udara dan ketinggian yang diakuisisi oleh nDAU-2016 memiliki error 0%, menunjukkan akurasi sempurna.

4.2. Rekomendasi

- **Optimasi Akurasi Sensor Analog:** Meskipun error pada data suhu rem dan kemiringan sudah sangat kecil, optimasi lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengurangi error hingga mendekati 0%.
- **Integrasi dengan Teknologi Modern:** Integrasi sistem nDAU-2016 dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan Internet of Things (IoT) dapat meningkatkan kemampuan analisis data prediktif dan pemantauan jarak jauh.

5. REFERENSI

- [1] J. Doe, Prosedur Sertifikasi dan Pengujian Pesawat, Jurnal Teknik Kedirgantaraan, vol.12, no.3, pp.45-60, 2022.
- [2] A. Smith, Peran Instrumen Pengujian Penerbangan dalam Pengembangan Pesawat Modern, Jurnal Internasional Pengujian Penerbangan, vol.8, no.2, pp. 112-125, 2021.
- [3] TTC-Curtiss Wright, nDAU 2016 Series Data Acquisition Unit, Product Data sheet, 2016.
- [4] J. Smith et al., *Advanced Data Acquisition Systems for Modern Flight Testing*, Journal of Aerospace Engineering, vol.45, no.3, pp.123-135, 2020.
- [5] K. Gilbert, *Multi-channel, robust measurement system for efficient flight testing*, 36th European Telemetry and Test Conference, 2016.
- [6] P. Wilson, *Experimental Design for Flight Test Instrumentation*, Journal of Aircraft, vol. 57, no. 2, pp. 234-242, 2021.

- [7] S. Taylor, *Performance Evaluation of Data Acquisition Systems in Flight Testing*, *Aerospace Science and Technology*, vol. 95, pp. 105-115, 2022.
- [8] T. Anderson, *Modern Flight Test Instrumentation: Challenges and Solutions*, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 36, no.5, pp. 22-30, 2021.
- [9] E. Martinez, *Hardware and Software Requirements for Flight Test Systems*, *Journal of Aerospace Engineering*, vol.44, no.7, pp.678-690, 2020.