

OPTIMASI BIAYA OPERASIONAL DAN PEMANFAATAN ARMADA PESAWAT LATIH: STUDI KASUS CESSNA 172 SP DI AKADEMI PENERBANG INDONESIA BANYUWANGI

¹Rochmad Setiawan, ²Prasetyo Iswahyudi ³Ahmad Mubarak ⁴Imam Fadilla

^{1,2,3,4}Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi

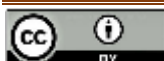
*¹e-mail: inc.razer@gmail.com

Abstract: Educational institutions in the aviation sector, such as the Indonesia Civil Pilot Academy of Banyuwangi, which operates as a Public Service Agency (BLU), face significant challenges in managing operational costs. The high operational expenses of piston-engine trainer aircraft, like the Cessna 172 SP, are driven primarily by fluctuating fuel prices, instructor wages, and maintenance fees. To address this, a study was conducted to develop a cost optimization model using actual operational data. The research utilized multiple linear regression analysis and cost simulations. The findings revealed that RPM 2400 is the most efficient operational profile, with the potential to generate cost savings of 5% to 12% per sortie. The study's sensitivity analysis confirmed that fuel price is the most dominant factor influencing operational costs, followed by instructor wages, while maintenance costs are relatively insensitive. These findings have strategic implications for aviation school management. By optimizing cruise speed based on the cost model, institutions can reduce their operational burden and enhance long-term profitability. The research results can also serve as a basis for developing better fleet management strategies, cost control measures, and financial planning for BLU institutions in the aviation education sector. This study contributes to the literature on operational cost management in general aviation and offers practical recommendations for public service-based educational institutions.

Keywords: Cost Optimizing, Aircraft Management, Cessna 172, Efficient Operation, Cost Index

Abstrak: Lembaga pendidikan penerbangan seperti Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi, yang berstatus Badan Layanan Umum (BLU), dihadapkan pada tantangan besar dalam mengelola biaya operasional. Salah satu faktor utama yang sangat memengaruhi kinerja keuangan mereka adalah tingginya biaya yang terkait dengan operasional pesawat latih bermesin piston seperti Cessna 172 SP. Biaya ini sangat sensitif terhadap fluktuasi harga bahan bakar aviasi, upah instruktur, dan biaya perawatan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sebuah penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan data operasional dari Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi. Penelitian ini mengembangkan model optimasi biaya menggunakan analisis regresi linier dan simulasi, dengan mempertimbangkan variabel RPM, aliran bahan bakar (fuel flow), waktu terbang, serta harga bahan bakar dan upah instruktur. Hasilnya menunjukkan bahwa RPM 2400 merupakan profil operasional yang paling efisien, yang berpotensi menghasilkan penghematan biaya sebesar 5% hingga 12% per penerbangan. Analisis lebih lanjut menegaskan bahwa harga bahan bakar adalah faktor paling dominan yang memengaruhi biaya operasional, diikuti oleh upah instruktur. Sebaliknya, biaya perawatan pesawat ternyata relatif tidak memiliki pengaruh signifikan. Temuan ini sangat strategis bagi manajemen sekolah penerbangan. Dengan mengoptimalkan kecepatan jelajah berdasarkan model biaya ini, mereka dapat secara efektif menekan beban operasional dan meningkatkan profitabilitas jangka panjang. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar penting untuk menyusun strategi manajemen armada dan perencanaan keuangan yang lebih efektif, membantu institusi BLU mencapai kinerja yang berkelanjutan di sektor pendidikan penerbangan. Singkatnya, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis pada literatur manajemen biaya aviasi, tetapi juga menawarkan rekomendasi praktis yang dapat langsung diterapkan.

Kata Kunci: Optimasi Biaya, Manajemen Armada, Cessna 172, Efisiensi Operasional, Indeks Biaya



PENDAHULUAN

Efisiensi biaya operasional merupakan salah satu isu utama dalam pengelolaan organisasi pendidikan berbasis transportasi, termasuk sekolah penerbangan. Dalam konteks manajemen, biaya operasional yang tinggi tanpa strategi pengendalian akan menekan profitabilitas dan mengurangi daya saing institusi, terutama bagi lembaga yang berstatus Badan Layanan Umum (BLU). BLU dituntut untuk mampu menjaga keseimbangan antara pelayanan publik dan keberlanjutan finansial. Pada sektor pendidikan penerbangan, tantangan ini semakin besar karena biaya bahan bakar aviasi, upah instruktur, dan pemeliharaan pesawat merupakan komponen dominan yang cenderung fluktuatif.

Di tingkat global, konsep Cost Index (CI) telah lama digunakan oleh maskapai penerbangan sebagai strategi efisiensi biaya. CI merupakan rasio antara time-related cost dan fuel-related cost, yang menjadi dasar dalam menentukan kecepatan jelajah optimal. (Airbus, 2002; H. Edwards, Dixon-Hardy, et al., 2015) menegaskan bahwa penggunaan CI mampu menghasilkan penghematan signifikan pada operasi maskapai, baik dari sisi biaya maupun emisi. Namun, di sektor General Aviation (GA), khususnya sekolah penerbangan, penerapan CI masih sangat terbatas karena keterbatasan sistem otomasi dan infrastruktur.

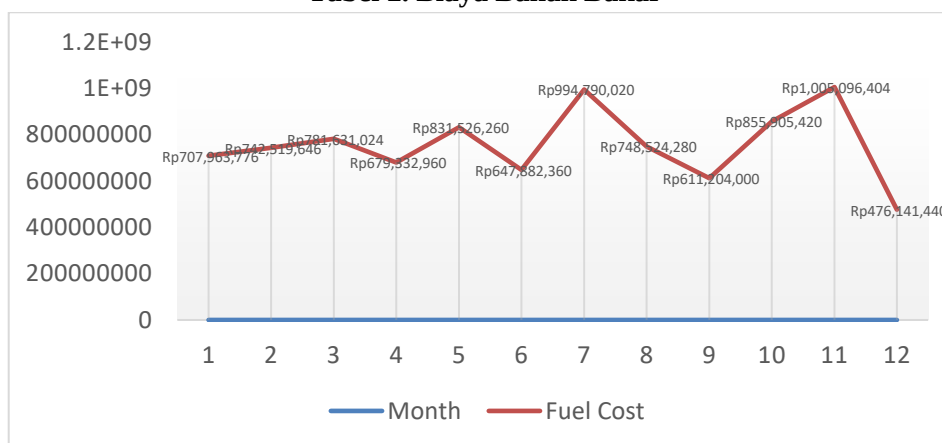
Tabel 1. Indeks Biaya C172

Type	MRC	Typical	LRC
A32X	CI = 0	CI = 50-80	CI unknown
A330	CI = 0	CI = 30-60	CI unknown
A340	CI = 0	CI = 30-60	CI unknown
B737 CL	CI = 0	CI = 10-30	CI = 30
B737 NG	CI = 0	CI = 10-30	CI = 35
B744	CI = 0	CI = 25-80	CI = 230
B757	CI = 0	CI = 15-50	CI = 85
B767	CI = 0	CI = 15-50	CI = 70
B777	CI = 0	CI = 90-150	CI = 18
MD80	CI = 0	CI = 10-50	CI unknown
MD11	CI = 0	CI = 80-120	CI = 200
Cessna 172	CI unknown	CI = 1 - 2	CI unknown

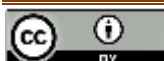
Sumber: Airbus, Boeing and AE Oxford ATPL Book – Flight Performance and Planning

Di Indonesia, sekolah penerbangan menghadapi kondisi yang unik. Sebagai institusi vokasi, sekolah penerbangan memiliki kewajiban untuk menghasilkan jam terbang (flight hours) yang konsisten, namun sekaligus menjaga efisiensi penggunaan sumber daya. Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi (API Banyuwangi) mengoperasikan lebih dari 6-7 unit Cessna 172 SP setiap harinya, dengan biaya bahan bakar hingga lebih dari 1 Milyar rupiah. Meskipun demikian, pencapaian target produksi jam terbang sering terkendala oleh faktor cuaca, kondisi pesawat, serta ketersediaan instruktur. Kondisi ini berimplikasi langsung pada biaya operasional, yang pada akhirnya memengaruhi kinerja keuangan institusi sebagai BLU.

Tabel 2. Biaya Bahan Bakar



Sumber: Data Operasional API Banyuwangi, 2024



Tabel 2 menunjukkan bahwa pengalangan untuk bahan bakar pada bulan November 2024 mencapai 1 Milyar lebih. Kondisi ini mengindikasikan adanya inefisiensi dalam pemanfaatan armada yang berdampak pada biaya per unit sortie. Selain kendala produktivitas, struktur biaya operasional juga menjadi isu penting. Biaya bahan bakar menyerap lebih dari sepertiga total biaya per jam terbang, diikuti instruktur dan maintenance.

Tabel 3. Komponen Biaya

Komponen Biaya	Biaya (Rp)	Persentase (%)
Bahan Bakar (Avgas)	1.540.650	34%
Upah Instruktur	1.000.000	22%
Maintenance	1.164.240	26%
Asuransi & Depresiasi	362.477	8%
Lain-lain (sim/ATK)	500.000	10%
Total	4.567.367	100%

Sumber: API Banyuwangi, 2024

Data internal API Banyuwangi menunjukkan bahwa biaya bahan bakar aviasi (avgas) menyerap lebih dari 30% total biaya operasional, sementara upah instruktur berada di kisaran 20–25%. Harga avgas sendiri mengalami fluktuasi 2–3% setiap bulan, sehingga menimbulkan risiko signifikan terhadap keberlanjutan finansial. Di sisi lain, biaya perawatan pesawat juga meningkat seiring akumulasi jam terbang. Fluktuasi biaya ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk mengembangkan model pengendalian biaya yang berbasis data aktual, bukan hanya pada pedoman teknis operasional.

Sejumlah penelitian terdahulu di bidang aviasi telah menekankan pentingnya optimasi efisiensi biaya. (H. A. Edwards et al., 2016) menyoroti hubungan erat antara strategi biaya dan pengurangan emisi karbon di maskapai. (Achenbach & Spinler, 2018) menunjukkan bahwa prescriptive analytics dapat meningkatkan akurasi perencanaan operasional melalui optimasi CI. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada konteks maskapai besar, sedangkan kajian manajemen biaya di sektor pesawat latih dan pendidikan penerbangan masih terbatas. Penelitian oleh (Madjid et al., 2025) memang telah membahas konsumsi bahan bakar pesawat latih Cessna 172 berdasarkan variasi kecepatan, tetapi belum mengintegrasikan aspek manajerial dan strategi keuangan institusi.

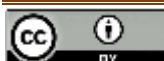
Berdasarkan fenomena tersebut, penelitian ini berupaya mengisi celah dengan mengembangkan model optimasi biaya operasional berbasis kecepatan jelajah (RPM) dan variabel ekonomi utama. Dengan memanfaatkan data operasional Cessna 172 SP di API Banyuwangi, penelitian ini tidak hanya menyoroti aspek teknis penerbangan, tetapi juga menyajikan implikasi strategis bagi manajemen armada, perencanaan keuangan, dan keberlanjutan BLU.

Penelitian ini penting dilakukan karena bertujuan untuk menjawab tantangan efisiensi biaya yang dihadapi oleh sekolah penerbangan. Dengan menyediakan kerangka analisis manajemen biaya operasional yang adaptif terhadap fluktuasi eksternal, studi ini menawarkan solusi praktis untuk keberlanjutan operasional. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi penting pada literatur manajemen ekonomi transportasi, khususnya dalam konteks penerbangan umum dan pendidikan. Berangkat dari kondisi tersebut, penelitian ini merumuskan beberapa pertanyaan. Pertama, bagaimana hubungan antara variabel teknis seperti RPM, aliran bahan bakar (*fuel flow*), dan waktu terbang (*flight time*) dengan biaya operasional per penerbangan (*sortie*)? Kedua, seberapa besar potensi penghematan biaya yang bisa dicapai melalui optimasi kecepatan jelajah? Dan ketiga, bagaimana fluktuasi biaya utama yaitu harga bahan bakar, upah instruktur, dan biaya perawatan memengaruhi efisiensi operasional secara keseluruhan?

KAJIAN TEORI

Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan komponen paling kritis dalam industri penerbangan, baik untuk maskapai komersial maupun sekolah penerbangan. (Martin et al., 1981; Roberson, n.d.) menyatakan bahwa fuel cost dapat mencapai lebih dari 30% total biaya operasional maskapai, sehingga efisiensi konsumsi bahan bakar menjadi fokus utama strategi manajemen biaya. (Shahriar et al., 2022)



menambahkan bahwa crew cost dan maintenance juga termasuk komponen signifikan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan anggaran.

Dalam konteks pendidikan penerbangan, struktur biaya memiliki karakteristik yang berbeda. (Cessna 172 Operating Cost | BWI, n.d.; Wu & Sadovsky, 2018a) menemukan bahwa pada General Aviation (GA), khususnya sekolah penerbangan di Indonesia, fuel cost dan upah instruktur mendominasi biaya operasional, sementara biaya maintenance meningkat secara proporsional dengan akumulasi jam terbang. Oleh karena itu, strategi manajemen biaya di sekolah penerbangan harus mengintegrasikan faktor teknis penerbangan (RPM, fuel flow, flight time) dengan faktor ekonomi (harga avgas, upah instruktur, biaya perawatan).

Konsep Indeks Biaya (CI)

Cost Index (CI) didefinisikan sebagai rasio antara biaya waktu (CT) dan biaya bahan bakar (CF) (Airbus, 2002):

$$\text{Cost Index (CI)} = \frac{\text{CT}}{\text{CF}}$$

- CT (time-related cost): gaji kru/instruktur, opportunity cost akibat keterlambatan, biaya sewa.
- CF (fuel-related cost): konsumsi bahan bakar × harga bahan bakar.

Studi (H. A. Edwards et al., 2016) membuktikan bahwa penerapan CI pada maskapai dapat menurunkan emisi dan biaya operasional secara signifikan. (Achenbach & Spinler, 2018) menambahkan bahwa CI yang optimal mampu menyeimbangkan kebutuhan efisiensi dengan keteraturan jadwal penerbangan.

Adaptasi Cost Index General Aviation (CI_{GA})

Cessna 172 SP tidak dilengkapi Flight Management System (FMS) untuk menghitung CI secara otomatis, sehingga diperlukan pendekatan manual berbasis data operasional. Oleh karena itu, konsep Cost Index General Aviation (CIGA) diusulkan dengan formula yang dimodifikasi:

$$\text{Cost Index (CIGA)} = \frac{\text{CT} + \text{CM}}{\text{CF}}$$

Keterangan:

CT : upah instruktur per jam sortie.

CM : biaya maintenance per jam.

CF : fuel flow × harga avgas.

(Madjid et al., 2025) membuktikan bahwa variasi RPM (2200–2650) berpengaruh nyata terhadap fuel flow dan waktu sortie. Dengan demikian, penerapan CIGA di GA memberi dasar kuantitatif untuk memilih RPM optimal (Rochmad Setiawan et al., 2025)

Efisiensi Armada dan BLU

Sebagai institusi BLU, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi harus menjalankan prinsip *value for money* yang mencakup efisiensi, efektivitas, dan ekonomis (Kemenkeu, 2018).

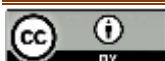
Efisiensi armada ditentukan oleh Tingkat utilisasi pesawat (jam terbang aktual vs kapasitas maksimal), struktur biaya sortie per jam dan stabilitas harga input (fuel, instruktur, maintenance). Studi Hakim (2022) menunjukkan bahwa efisiensi biaya di organisasi berbasis layanan public seringkali terkendala oleh fluktuasi input dan keterbatasan pengelolaan SDM. Hal ini konsisten dengan kondisi API Banyuwangi, di mana fuel cost dan keterbatasan instruktur menjadi faktor utama.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah metode kuantitatif untuk mengukur dampak perubahan variabel input terhadap output model (Saltelli et al., 2008). Dalam konteks ekonomi manajerial, analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor yang paling memengaruhi biaya dan menentukan strategi mitigasi. Analisis sensitivitas digunakan untuk melihat seberapa besar perubahan variabel input memengaruhi output biaya (Wulandari et al., n.d.)

Dalam manajemen penerbangan, sensitivitas harga bahan bakar merupakan faktor paling krusial (IATA - Fuel Price Monitor, n.d.) Penelitian ini menambahkan aspek instruktur cost yang khas dalam sekolah penerbangan, menjadikannya pembeda dari penelitian maskapai.

a. Definisi dan Prinsip



Analisis sensitivitas mengukur seberapa besar perubahan output terjadi akibat variasi satu atau lebih variabel input, dengan asumsi faktor lainnya konstan. Jika sebuah variabel input kecil dapat menyebabkan perubahan besar pada output, maka variabel tersebut dikategorikan sensitif.

b. Aplikasi dalam Manajemen Penerbangan

Dalam industri penerbangan, sensitivitas umumnya digunakan untuk:

- 1) Fuel price fluctuation analysis → harga bahan bakar memiliki proporsi 30–40% dari biaya operasional maskapai (IATA - Fuel Price Monitor, n.d.)
- 2) Crew cost sensitivity → upah pilot dan awak kabin berkontribusi signifikan pada biaya waktu (H. A. Edwards et al., 2016)
- 3) Maintenance cost sensitivity → biaya perawatan dipengaruhi umur pesawat dan intensitas operasi (Lee, 2023)

Di sekolah penerbangan, fuel cost dan upah instruktur merupakan variabel yang sangat kritis. Kenaikan 10–20% saja dapat langsung meningkatkan biaya sortie per jam, yang berdampak pada total biaya pendidikan (Ozali et al., 2020).

Prescriptive Analysis dalam Transportasi Udara

Prescriptive analytics merupakan pendekatan berbasis data untuk memberikan rekomendasi keputusan (Khan et al., 2025). Dalam penerbangan komersial, teknik ini digunakan untuk redispach, optimasi flight planning, dan pengendalian biaya bahan bakar. (Achenbach & Spinler, 2018) menyatakan bahwa integrasi prescriptive analytics mampu meningkatkan akurasi pengambilan keputusan manajemen hingga 15%.

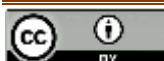
Dalam konteks nasional, (Wulandari et al., 2018) meneliti penerapan prescriptive analytics pada maskapai regional di Indonesia, dengan fokus pada penghematan bahan bakar melalui optimasi rute domestik. Hasilnya, efisiensi mencapai 8–10% dari total biaya operasi. Studi ini memperlihatkan potensi besar penggunaan data operasional untuk mendukung pengambilan keputusan di bidang transportasi udara di Indonesia.

Studi Terdahulu

Penelitian terkait GA di Indonesia masih terbatas. Beberapa studi penting antara lain 1) (Madjid et al., 2025) Analisis konsumsi bahan bakar Cessna 172 di sekolah penerbangan menunjukkan variasi signifikan akibat perbedaan profil RPM, tetapi belum mengaitkan hasilnya dengan implikasi manajerial. 2) (Mirdeklis & Putra, n.d.): Kajian efisiensi operasional GA di Indonesia menunjukkan potensi penghematan hingga 10% dengan manajemen armada berbasis data, tetapi fokus pada aspek teknis dan belum masuk ke perspektif ekonomi BLU. 3) (Ozali et al., 2020) Penelitian di Garudan Indonesia yang menjelaskan bagaimana penggunaan Cost Index yang benar dapat mengurangi penggunaan bahan bakar dan emisi untuk beberapa jenis pesawat. Pengaruh CI terhadap waktu dan fuel use di model pesawat berbeda. 4) adapula literasi yang menjelaskan bahwa pada studi infrastruktur, keselamatan, serta biaya operasional meningkat dalam GA (bahan bakar, maintenance). Ada juga hambatan-ekonomi yang mempengaruhi partisipasi menurut (General Aviation: Status of the Industry, Related Infrastructure, and Safety Issues, n.d.). 5) studi yang dilakukan oleh (Ziyad et al., 2022) yang memfokuskan pada maintenance yang optimal dan aman, dengan penggabungan analitik dan simulasi untuk menentukan kapan melakukan perawatan atau tidak dengan hasil melakukan integrasi antara keselamatan dan biaya operasi. 6) Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Madjid et al., 2025) dengan judul Analisis Konsumsi bahan bakar pada kecepatan jelajah Cessna 172 berdasarkan variasi kecepatan dengan hasil memang terjadi variasi pada profil RPM di Cessna 172. 7) (Mirdeklis & Putra, n.d.) dalam penelitiannya mengenai Teknik analisis sensitivitas dan break-even point hal ini dapat dilakukan untuk efisiensi operasional GA di Indonesia dan mampu menunjukkan potensi penghematan. 8) (H. Edwards, Dixon, et al., 2015) dalam penelitiannya Edwards menjelaskan bahwa CI terbukti menghemat fuel hingga 5–10% di maskapai Eropa. 9) IATA juga mengatakan bahwa lebih dari 30% Operasional Pesawat terbebani pada sektor bahan bakar (IATA - Fuel Price Monitor, n.d.). 10) (Achenbach & Spinler, 2018) pada penelitian terdahulu yang berjudul “*Prescriptive analytics in airline operations: A new framework for decision support*” mengatakan bahwa Prescriptive analytics mampu memberi rekomendasi operasional real-time.

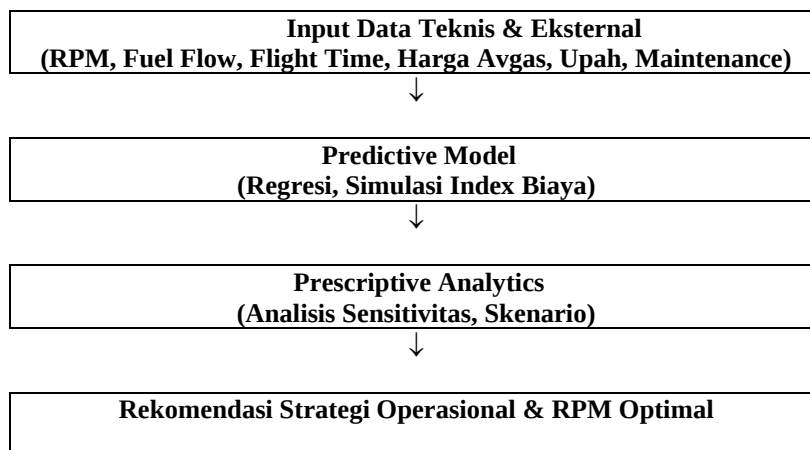
Kerangka Teoritis Penelitian

Dalam analisis analitik perhitungan ini, deskripsi kuantitatif perencanaan rotasi (RPM) optimal yang menjamin efisiensi tinggi, variabilitas sumber daya yang meningkat, dan waktu pengoperasian



yang lama dijelaskan untuk komponen tertentu. Analisis metodologi akan terdiri dari satu komponen yang memungkinkan: (1) data spesifik, tanggal dan waktunya, (2) model inovatif atau algoritma matematika yang dapat dihubungkan, dan (3) rekomendasi yang diusulkan atau pemodelan optimal.

Dalam hal ini, analisis dilakukan dengan menggunakan data aktual (konsumsi bahan bakar atau fuel consume, waktu atau time, dan RPM), analisis multi-linier untuk mereduksi total data, dan indikator model. Analisis deskriptif mencakup berbagai sektor, seperti logistik, dan berbagai sektor yang bergantung pada teknologi. (Sugiyono, 2013) menyajikan wawasan kuantitatif tentang kerja sukarela yang melibatkan anggota yang berkontribusi dalam sistem bangunan yang berisi data akurat dan analisis yang presisi. (Lepeniotti et al., 2020)) memberikan deskripsi analitis yang kuat tentang manipulasi data dasar dalam transportasi dan penyediaan data.



Gambar 1. Kerangka Konseptual

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan dengan berdasarkan pendekatan pengembangan model analitis preskriptif Kaesler, Arter, dan Jenkins dan berfokus pada pengukuran hubungan antarvariabel (RPM, fuel flow, flight time, biaya sortie) yang dinyatakan dalam bentuk angka dan dapat dianalisis dengan metode statistik (Muanley et al., 2022). Hal ini sejalan dengan praktik penelitian operasional penerbangan yang umumnya berbasis model kuantitatif (Achenbach & Spinler, 2018; H. Edwards, Dixon-Hardy, et al., 2015). Pendekatan ini berfokus pada pencarian solusi praktis yang dapat diterapkan pada sistem perencanaan kinerja operasional di lingkungan penerbangan umum, khususnya pelatihan penerbangan menggunakan Cessna 172SP. Dalam ilmu data dan sistem pendukung keputusan, analisis preskriptif merupakan tingkat tertinggi hierarki analitis, setelah analisis deskriptif dan prediktif. Analisis preskriptif tidak hanya menjelaskan apa yang terjadi (deskriptif) atau memprediksi apa yang akan terjadi (prediktif), tetapi juga memberikan rekomendasi tindakan berdasarkan data terkini, estimasi masa depan, dan tujuan yang diinginkan (Khan et al., 2025; Shahriar et al., 2022).

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan meliputi data primer dan data sekunder:

- a. Data primer:
 1. Aliran bahan bakar (liter/jam) pada variasi RPM (2200, 2400, 2650).
 2. Waktu tempuh (menit) pada rute latihan standar.
 3. Biaya tiap perjalanan aktual (fuel, instruktur, maintenance).
- b. Data sekunder:
 1. Harga avgas di Bandara Banyuwangi tahun 2024 (Pertamina, 2024).
 2. Upah instruktur per jam sortie (data internal API).
 3. Biaya maintenance per jam terbang.
 4. Dokumen Pilot Operating Handbook (POH) Cessna 172S (Cessna Aircraft Company, 2016).

5. Data pendukung dari literatur internasional mengenai Cost Index (Airbus, 2002; Edwards et al., 2016).

Penggunaan data campuran ini sesuai dengan pendekatan manajemen biaya operasional penerbangan yang memerlukan integrasi aspek teknis dan ekonomi (Alomar & Diallo, 2025)

Metode Analisis

a. Analisis Deskriptif

Digunakan untuk menggambarkan Komposisi biaya sortie (fuel, instruktur, maintenance) dan fluktuasi harga avgas (Harga Aviasi - Pertamina One Solution, n.d.; IATA - Fuel Price Monitor, n.d.)

b. Analisis Regresi Linear Berganda

Model regresi digunakan untuk menguji pengaruh RPM, fuel flow, dan flight time terhadap biaya sortie. Analisis regresi dipilih karena mampu mengukur kekuatan hubungan antarvariabel dan mengidentifikasi variabel dominan ((Nurhalima et al., 2023; Sugiyono, 2013)

c. Simulasi Indeks Biaya

Simulasi dilakukan dengan membandingkan biaya setiap perjalanan pada RPM 2200, 2400, dan 2650. Prinsip ini mengadaptasi metode cost index optimization pada maskapai (Airbus, 2002), namun difokuskan pada pesawat latih (H. Edwards, Dixon, et al., 2015)

d. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengukur dampak fluktuasi harga avgas, upah instruktur, dan biaya maintenance terhadap biaya sortie. Teknik ini dipilih karena efektif untuk mengidentifikasi variabel eksternal paling berpengaruh (Wulandari et al., n.d.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Operasional

Data sortie Cessna 172 SP di API Banyuwangi menunjukkan bahwa rata-rata produksi jam terbang tahun 2024 adalah 618 jam per bulan, atau hanya 88% dari target 700 jam. Hal ini menunjukkan adanya inefisiensi dalam pemanfaatan armada, yang berdampak pada kenaikan biaya per jam terbang. Komposisi biaya operasional per jam terbang memperlihatkan bahwa fuel cost menyerap 34% dari total biaya, diikuti maintenance 26% dan upah instruktur 22%. Fuel cost terbukti sebagai faktor paling dominan sekaligus paling fluktuatif, dengan variasi harga $\pm 6\%$ sepanjang tahun.

Multi Linear Regression

Dari hasil analisis yang dilakukan pada variable sebagai berikut:

Tabel 4. Regresi Linear Berganda

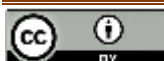
Variabel	Variabel	Satuan
Variabel X	Total Operating Cost per Flight	USD
Variabel Y	Distance	Nautical Miles
	RPM	RPM
	Average Speed	KIAS
	Fuel Use	g/h
	Fuel Flow Rate	Liter/h
	Flight Time	Jam
	Fuel Cost	USD
	Time Cost	USD
	Cost Index	L/hr

Tabel 5. Model Regression Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.990 ^a	.981	.967	1.680

a. Predictors: (Constant), TotalCost, RPM, FuelFlow, AveSpeed, TimeCost

Adjusted $R^2 = 0.967$, yang berarti 96.7% variasi biaya sortie dapat dijelaskan oleh gabungan variabel teknis (RPM, fuel flow, flight time) ditambah variabel pendukung yang dimasukkan ke model. Ini menunjukkan model sangat fit untuk data yang digunakan



Interpretasi statistik singkat: R^2 tinggi tidak saja mengindikasikan model menjelaskan variasi biaya, tetapi juga menandakan bahwa variabel teknis (kinerja pesawat dan durasi) memang merupakan penentu utama cost per sortie sejalan dengan studi biaya operasi penerbangan (Shahriar et al., 2022)

Analisis Preskriptif

a. Perhitungan biaya operasional pesawat per jam

Biaya per jam pesawat diturunkan dari asumsi keuangan aktual dan diterapkan pada *general aviation*. (Fiet, 2007; Shahriar et al., 2022):

$$\text{Biaya} = B_{\text{Fuel}} + B_{\text{Maintenance}} + B_{\text{Depreciation}} + B_{\text{Insurance}} + B_{\text{Misc}}$$

keterangan:

- Biaya Fuel

- Biaya Perawatan

$$B_{\text{Maintenance}} = \frac{\text{Overhaul Cost (USD)}}{\text{TBO (hrs)}} + \text{Misc Scheduled Cost per Hour}$$

- Biaya penyusutan (l33jets, n.d.)

$$B_{\text{Depreciation}} = \frac{\text{Harga Beli} - \text{Harga Jual}}{\text{Penggunaan (Jam)}}$$

- Biaya Asuransi

$$B_{\text{Insurance}} = \frac{\text{Premi Tahunan (USD)}}{\text{Jumlah Terbang Rata - Rata}}$$

2. Contoh perhitungan

Tabel 6. Klaster Perhitungan

Kategori	Nilai
Tahun Pembelian	2015
Tahun Sekarang	2025
Usia Pesawat	10 Years
Harga Beli	USD 400.000
Estimasi Nilai Jual	USD 200.000 (setelah 10 tahun)
Penggunaan Harian	4 – 6 jam (avg: 5 jam/hari)
Penggunaan Hari dalam Tahun	300 Hari
Penggunaan dalam Tahun	5 x 300 = 1500 jam/tahun
Total terbang dalam tahun	15.000 Jam

Sumber: API Banyuwangi (2025)

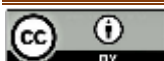
Maka:

$$B_{\text{Depreciation}} = \frac{400.000 - 200.000}{15.000}$$

$$B_{\text{Depreciation}} = \frac{200.000}{15.000} = \$13.33/\text{hour}$$

Tabel 7. Hasil Hitung

Komponen	Biaya dalam USD	Penjelasan
Depresiasi	13.33	Kehilangan nilai hingga 200.000 Dollar selama 10 Tahun
Perawatan Mesin	12.50	Biaya overhaul 25.000 usd setiap 2000 Jam pemakaian
Perawatan Rutin	5.00	Oil, filters, inspections, wear, etc.
Total Perawatan	17.50	Perawatan mesin dan berkala
Asuransi	3.33	Rata-rata asuransi \$5,000 ÷ 1,500 jam
Biaya operasi pesawat dalam jam	34.17/jam	Diluar bahan bakar, instruktur dan biaya operasi lainnya



3. Permodelan Kecepatan Jelajah

Dalam studi ini, putaran per menit (RPM) merupakan penentu utama konsumsi bahan bakar dan durasi penerbangan. Pemodelan ini dilengkapi dengan data empiris dari observasi lapangan, seperti data aliran bahan bakar pada berbagai RPM, harga bahan bakar penerbangan terkini, dan rata-rata waktu terbang pada berbagai rute pelatihan dalam kondisi tertentu (Madjid et al., 2025):

Tabel 8. Model rata-rata kecepatan

AveSpeed (KIAS)	Explain	Fuel Flow/h	Use Case
85	Low	26.1 L/h	Maximum Endurance
95	Med	29.h L/h	Balance
105	Hi	34.0 L/h	Time Sensitive

Dengan menggunakan model ini, lembaga pendidikan penerbang dan instruktur dapat membuat keputusan kecepatan udara berbasis data, dengan menggunakan CIGA sebagai tolok ukur dinamis. Ketika peningkatan konsumsi bahan bakar pada kecepatan tinggi berada di bawah ambang batas CIGA (dinyatakan dalam galon per jam), memilih pengaturan kecepatan udara yang lebih cepat masuk akal secara ekonomi. Sebaliknya, ketika peningkatan konsumsi bahan bakar melebihi penghematan waktu, pengaturan yang lebih lambat adalah pilihan yang optimal. Struktur pemodelan ini tidak hanya selaras dengan prinsip-prinsip perencanaan kinerja tingkat maskapai, tetapi juga menyediakan solusi yang terukur dan berteknologi rendah untuk lingkungan pelatihan penerbangan umum yang hemat biaya, yang misinya adalah memprediksi hal - hal tak terduga (Mirdeklis & Putra, n.d.).

Simulasi Indeks Biaya

Perhitungan biaya sortie pada tiga profil RPM (2200, 2400, 2650) menunjukkan perbedaan nyata:

Tabel 9. Simulasi Indeks Biaya

Rute	RPM	Fuel Flow (L/h)	Flight Time (menit)	Total Cost (USD)	Total Cost (Rp)	Catatan
WADY–WADS	2200 25		118	\$487	Rp7,856,419	Flight time lama, fuel hemat
WADY–WADS	2400 31		103	\$494	Rp7,966,214	Balance fuel vs time
WADY–WADS	2650 39		91	\$528	Rp8,516,895	Waktu cepat, fuel boros
WADY–WADL	2200 25		160	\$703	Rp10,616,782	Biaya instruktur tinggi
WADY–WADL	2400 31		139	\$667	Rp10,765,154	Optimal balance
WADY–WADL	2650 39		123	\$714	Rp11,509,318	Fuel cost dominan

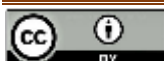
Perhitungan ini menegaskan trade off klasik CI kecepatan lebih tinggi menghemat waktu (time-related cost) tetapi meningkatkan konsumsi bahan bakar (fuel-related cost) (Airbus, 2002; H. Edwards, Dixon-Hardy, et al., 2015). Pada rute tersebut 2400 RPM muncul sebagai titik balance ops yang mana rasio fuel/time paling seimbang untuk kondisi harga dan upah yang dipakai. Hal serupa disampaikan pada literatur CI dan studi Cessna (Cost Index | SKYbrary Aviation Safety, n.d.; Ozali et al., 2020; Rochmad Setiawan et al., 2025)

Analisis Sensitivitas

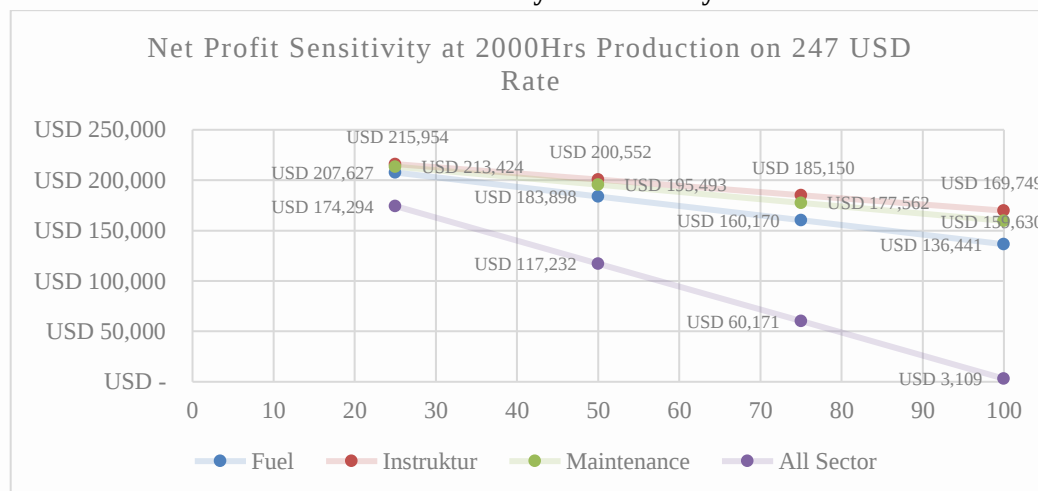
Analisis ini dilakukan tanpa satu parameter pun pada suatu waktu untuk tidak mendorong investasi alternatif. Parameter variabel yang dibuat dengan menyimpan data dalam studi ekonomi teknis adalah investasi komersial, biaya investasi, arus kas, nilai sisa, suku bunga, tarif pajak, dan sebagainya (Wulandari et al., 2018).

Tabel 10. Perimeter Perhitungan

Input	Test Range
Harga Bahan bakar	Peningkatan 25%, 50%, 75% and 100%



Biaya Instruktur	
Perawatan Pesawat	

Tabel 11. Analysis Sensitivity

Dari analisis sensitivitas terhadap kenaikan bahan bakar, gaji instruktur, dan perawatan pesawat ditemukan bila:

- Harga bahan bakar meningkat 25% maka total cost per sortie naik 9-11%
- Instructor wage +20% maka total cost naik 5-7%.
- Maintenance +10% maka total cost naik 2-3%.

Fuel price memiliki bobot besar pada struktur biaya (fuel share 30-35% per sortie), sehingga variasi harga mempengaruhi total cost relatif lebih besar. Ini konsisten dengan laporan industri (IATA - Fuel Price Monitor, n.d.) dan studi manajemen biaya (H. Edwards, Dixon, et al., 2015; Etherington, 1988) Oleh karena itu, kebijakan pengendalian bahan bakar (procurement/kontrak) menjadi kunci mitigasi risiko biaya bagi BLU.

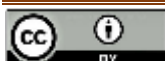
Apabila fuel price naik 25% dan instructor wage naik 10% bersamaan, margin keuntungan per jam/sortie menyusut secara proporsional. Hal ini menunjukkan bahwa operasi masih mungkin ekonomis pada skenario moderat tetapi berisiko pada kenaikan ekstrem (mis. fuel +100%). Penilaian ini mendukung pentingnya stress testing (Wulandari et al., n.d.)

Pengambilan Keputusan

(Jung & World, n.d.). menjelaskan bahwa tidak ada indeks biaya yang pasti pada konteks penerbangan, indeks biaya akan bergantung pada lingkungan dan kondisi ekonomi saat ini.

Tabel 11. Perhitungan Indeks Biaya

Route	RPM	Speed (TAS)	Distance (NM)	Fuel Flow (l/h)	Flight Time (m)	Fuel Used (g/h)	Fuel Cost (usd)	Time Cost per minute (usd)	Total Cost (usd)	CI _{GA} Target (g/h)	CI _{GA} (g/h)	Keputusan
WADY-WADS	2200	94	185	25	118	49	\$ 383	\$ 137	\$ 520	1,22	0,36	Fly Slower
WADY-WADS	2400	108	185	31	103	53	\$ 449	\$ 131	\$ 580	1,22	0,29	Fly Slower
WADY-WADS	2650	122	185	39	91	59	\$ 540	\$ 124	\$ 664	1,22	0,23	Fly Slower
WADY-WADL	2200	94	250	25	160	67	\$ 518	\$ 185	\$ 703	1,22	0,36	Fly Slower
WADY-WADL	2400	108	250	31	139	71	\$ 607	\$ 177	\$ 784	1,22	0,29	Fly Slower
WADY-WADL	2650	122	250	39	123	80	\$ 730	\$ 168	\$ 897	1,22	0,23	Fly Slower
Local to Genteng	2500	95	93	23	58	22	\$ 159	\$ 63	\$ 223	1,22	0,40	Fly Slower
Local to Silir	2500	95	97	23	61	23	\$ 167	\$ 67	\$ 234	1,22	0,40	Fly Slower
Local to Cluring	2500	95	94	23	59	22	\$ 161	\$ 64	\$ 225	1,22	0,40	Fly Slower



Local to Panggang Bay	2500	95	93	23	59	22	\$ 160	\$ 64	\$ 223	1,22	0,40	Fly Slower
Local to Muncar	2500	95	95	23	60	22	\$ 163	\$ 65	\$ 227	1,22	0,40	Fly Slower
Local to Plengkung	2500	95	101	23	63	24	\$ 173	\$ 69	\$ 242	1,22	0,40	Fly Slower
Local Overhead	2500	95	95	23	60	23	\$ 164	\$ 65	\$ 229	1,22	0,40	Fly Slower

Indeks biaya ini dihitung sebagai rasio upah dalam jam dari instruktur kepada harga bahan bakar saat ini, hasil perhitungan ini akan menjadi threshold atau ambang penentu apakah pesawat terbang lebih cepat atau menghemat waktu karena harga instruktur yang meningkat. Dengan menggunakan metode ini, kita membagi profil jelajah dan menghitung fuel flow dari pesawat dalam sortie tertentu dengan harga saat ini.

Tabel 12. Batasan

Skenario	Penggunaan	Indeks Biaya Terdampak
Bahan bakar naik (e.g. crisis)	Save fuel	CI < 1
Waktu lebih penting (e.g. weather closing in)	Save time	CI > 2
Operasi normal (training school)	Stable ops	CI between 1-2

Tabel Batasan atau threshold akan membantu dalam pengambilan Keputusan:

- Bila harga fuel kurang dari \$1,90/liter, terbang lebih cepat
- Sebaliknya, bila harga bahan bakar lebih dari \$1,90 dolar terbang lebih lambat

Tabel 13. Potensi efisiensi

RPM	Rata-rata CI _{GA}	Variasi CI _{GA}	Potential Savings
2200 (Jarak Panjang Econ Speed)	83	70	15%
2400 (Jarak Panjang Med Speed)	82	69	15%
2500 (Local)	74	68	8%
2650 (Jarak Panjang Hi Speed)	81	68	14%

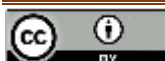
Tujuan dari simulasi ini adalah untuk menganalisis efisiensi ekonomi dari pengaturan jelajah yang berbeda. Analisis ini dilakukan dengan menghitung biaya operasional per jam pada berbagai konfigurasi putaran mesin (RPM). Biaya yang dihitung meliputi upah instruktur dan konsumsi bahan bakar, yang disimulasikan menggunakan Indeks Biaya Umum (CIGA) dalam skenario rendah dan tinggi (Martin et al., 1981; Ozali et al., 2020; Wu & Sadovsky, 2018b; Wulandari et al., n.d.).

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan adanya urutan hierarki yang jelas dari indeks biaya terkait kecepatan jelajah dalam penerbangan umum. Fluktuasi harga bahan bakar teridentifikasi sebagai faktor paling signifikan yang memengaruhi biaya, disusul oleh kompensasi instruktur, dan terakhir, biaya perawatan. Temuan ini sangat relevan bagi operator sekolah penerbangan di Indonesia dan pasar serupa lainnya, di mana kontrol harga terbatas dan biaya operasional rentan terhadap dinamika pasar.

Selanjutnya, hasil penelitian ini mendukung implementasi model optimasi jelajah berbasis indeks biaya. Model ini memiliki potensi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar yang tidak efisien dengan memberikan panduan yang lebih baik dalam menentukan kecepatan jelajah yang optimal. Dengan mengadopsi profil jelajah yang lebih hemat bahan bakar dan memanfaatkan data untuk kontrol biaya, organisasi dapat meminimalkan dampak negatif dari volatilitas harga dan pada akhirnya, meningkatkan profitabilitas jangka Panjang.

Analisis regresi linear berganda (MLR) untuk memberikan bukti statistik yang menunjukkan korelasi kuat antara serangkaian variabel independen dan variabel dependen indeks biaya pada general aviation. Variabel independen yang dianalisis mencakup Total Biaya, RPM, Aliran Bahan Bakar, Kecepatan Jelajah, dan Biaya Waktu. Hasilnya, dengan nilai R-kuadrat yang disesuaikan mencapai



0,967, menegaskan bahwa faktor-faktor ini secara kolektif memainkan peran penting dalam menentukan total biaya operasional pelatihan. (Dan, n.d.; Dewi, 2018; Firman et al., n.d.)

Hal ini menyoroti pentingnya mengelola variabel-variabel ini untuk mencapai operasi yang hemat biaya. Analisis sensitivitas, mengungkapkan bahwa ada urutan hierarkis yang signifikan dari faktor-faktor yang memengaruhi profitabilitas. Dari semua faktor, fluktuasi biaya bahan bakar memiliki dampak terbesar. Peningkatan sebesar 50% pada biaya bahan bakar dapat menyebabkan kerugian laba bersih yang substansial, lebih dari \$20.000. Temuan ini menekankan peran krusial dari efisiensi bahan bakar dalam menjaga stabilitas finansial. (H. Edwards, Dixon-Hardy, et al., 2015)

Meskipun tidak sebesar dampak bahan bakar, upah instruktur juga memiliki pengaruh signifikan, menyoroti pentingnya manajemen sumber daya manusia yang lebih baik. Sementara itu, biaya perawatan terbukti paling tidak sensitif, yang berarti bisnis tetap stabil secara finansial bahkan saat biaya ini meningkat. Sebuah temuan penting adalah adanya konflik antara kenaikan harga bahan bakar (yang mendorong kecepatan lebih lambat) dan kenaikan upah instruktur (yang mendukung kecepatan lebih cepat). Situasi ini menuntun kepada keputusan operasional dalam rentang yang disebut "operasi seimbang" (Keisler, n.d.; Wulandari et al., n.d.). Oleh karena itu, analisis ini menawarkan kerangka kerja yang praktis untuk melakukan penyesuaian strategis dalam perencanaan jelajah dan alokasi sumber daya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan fleksibilitas operasional dalam menghadapi fluktuasi biaya. Temuan ini juga menekankan pentingnya mengintegrasikan perencanaan keuangan berbasis data dalam pengambilan keputusan harian.

Tabel 14. Aturan praktis pengambilan keputusan

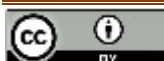
Kondisi	Profil Jelajah
$CI_{GA} < 1$	Fuel Save (2200 RPM)
$CI_{GA} 1 - 2$	Stable Ops (2400 RPM)
$CI_{GA} > 2$	Time Save (2600 RPM)
Bahan bakar naik	Fly Slower
Biaya instruktur naik	Fly Faster
Penerbangan jarak jauh/ risiko cuaca / bandara tutup	Fly Faster
Penerbangan singkat/ Latihan manuvuer	Stable Ops / Fuel Save

Simulasi ini mengungkapkan bahwa 2400 RPM merupakan pengaturan yang umumnya paling seimbang. Namun, RPM yang paling efisien dapat bergeser tergantung pada kondisi pasar, khususnya harga bahan bakar ($CIGA$ rendah) atau upah instruktur ($CIGA$ tinggi).

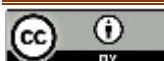
Secara spesifik, 2200 RPM menawarkan total biaya penerbangan terendah dalam kondisi $CIGA$ rendah, memprioritaskan efisiensi bahan bakar. Sebaliknya, 2600 RPM terbukti lebih efisien dalam kondisi $CIGA$ tinggi, di mana penghematan waktu lebih diutamakan. Variasi total biaya antara profil RPM ini berkisar antara 5% hingga 12%, memvalidasi sensitivitas model terhadap variabel ekonomi dan menegaskan kegunaannya sebagai alat pendukung keputusan yang andal. (Rochmad Setiawan et al., 2025)

DAFTAR PUSTAKA

- Achenbach, A., & Spinler, S. (2018). Prescriptive analytics in airline operations: Arrival time prediction and cost index optimization for short-haul flights. *Operations Research Perspectives*, 5, 265–279. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.08.004>
- Airbus. (2002). A320 getting to grips with aircraft performance Telex AIRBU 530526F SITA TLSBI7X.
- Alomar, I., & Diallo, N. (2025). Managing Operational Efficiency and Reducing Aircraft Downtime by Optimization of Aircraft On-Ground (AOG) Processes for Air Operator. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS202503.1619.V1>
- Cessna 172 Operating Cost | BWI. (n.d.). Retrieved June 5, 2025, from <https://bwifly.com/cessna-172-operating-cost/>
- Cost Index | SKYbrary Aviation Safety. (n.d.). Retrieved September 21, 2025, from <https://skybrary.aero/articles/cost-index>
- Dan, K. (n.d.). Metode Penelitian Kuantitatif.
- Dewi, D. A. (2018). Modul Uji Validitas dan Reliabilitas (pp. 1–14).



- Edwards, H. A., Dixon-Hardy, D., & Wadud, Z. (2016). Aircraft cost index and the future of carbon emissions from air travel. *Applied Energy*, 164, 553–562. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.058>
- Edwards, H., Dixon, D., & Wadud, Z. (2015). Optimization of Aircraft Cost Indexes to Reduce Fuel Use.
- Edwards, H., Dixon-Hardy, D., & Wadud, Z. (2015). Optimisation of Aircraft Cost Indices to Reduce Fuel Use.
- Etherington, R. E. (1988). General aviation cost effectiveness. *Journal of Aircraft*, 25(10), 890–896. <https://doi.org/10.2514/3.45676>
- Fiet, J. O. (2007). A Prescriptive Analysis of Search and Discovery*. *Journal of Management Studies*, 44(4), 592–611. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2006.00671.x>
- Firman, O., Bimbingin, J., & Konseling, D. (n.d.). Analisis Data dalam Penelitian Kualitatif.
- General Aviation: Status of the Industry, Related Infrastructure, and Safety Issues. (n.d.). Retrieved September 22, 2025, from https://www.govinfo.gov/content/pkg/GAOREPORTS-GAO-01-916/html/GAOREPORTS-GAO-01-916.htm?utm_source=chatgpt.com
- Harga Aviasi - Pertamina One Solution. (n.d.). Retrieved September 21, 2025, from <https://onesolution.pertamina.com/Price>
- IATA - Fuel Price Monitor. (n.d.). Retrieved September 21, 2025, from <https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/>
- Jung, H., & World, A. (n.d.). Data-Driven Decision-Making Processes, Data Services And Applications For Global Aviation Safety. <https://www.itu.int/en/journal/002/Pages/default.aspx>
- Keisler, J. M. (n.d.). Prescriptive Analytics Mastering the Spreadsheet of Everything Springer Texts in Business and Economics.
- Khan, T. A., Ali, S. M., Ali, K. M., Aziz, A., Ahmad, S., Anwar, A., & Khan, S. A. (2025). Harnessing Artificial Intelligence for Optimum Performance in Industrial Automation. 1st International Conference on Industrial, Manufacturing, and Process Engineering (ICIMP-2024), 105. <https://doi.org/10.3390/ENGPROC2024076105>
- l33jets. (n.d.). What Is Aircraft Depreciation? | Aircraft Bonus Depreciation. Retrieved June 5, 2025, from <https://l33jets.com/resources/blog/what-is-aircraft-depreciation/>
- Lee, S. C. (2023). A Literary Survey on the Challenges of Adopting Lean in Aerospace Production and Aviation Maintenance. *Journal of Aviation Technology and Engineering*, 12(1). <https://doi.org/10.7771/2159-6670.1243>
- Lepenioti, K., Bousdekis, A., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2020). Prescriptive analytics: Literature review and research challenges. *International Journal of Information Management*, 50, 57–70. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2019.04.003>
- Madjid, A. G. M., Arifin, M., & Julizar, A. (2025). Analysis Of Fuel Consumption For Cruising Flight Of Cessna 172 Based On Speed Variations. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 10(1), 48–55. <https://doi.org/10.35894/JTK.V10I1.243>
- Martin, G. L., Everest, D. E. , Jr., Lovell, W. A., Price, J. E., Walkley, K. B., & Washburn, G. F. (1981). Design and analysis of a fuel-efficient single-engine, turboprop-powered, business airplane. NASA. Langley Research Center.
- Mirdeklis, S., & Putra, B. (n.d.). Ekonomi Teknik Analisis Sensitivitas Dan Break Even Point.
- Muanley, Y. Y., Son, A. L., Mada, G. S., & Dethan, N. K. F. (2022). Analisis Sensitivitas Dalam Metode Analytic Hierarchy Process dan Pengaruhnya Terhadap Urutan Prioritas Pada Pemilihan Smartphone Android. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 4(3), 173–190. <https://doi.org/10.35580/variensiunm32>
- Nurhalima, N., Sukarasa, I. K., & Sumaja, K. (2023). Pengaruh Suhu Terhadap Crosswind dan Tailwind di Bandara I Gusti Ngurah Rai Dengan Metode Regresi. *Kappa Journal*, 7(1), 157–164. <https://doi.org/10.29408/KPJ.V7I1.17606>
- Ozali, I., Max, R., Gugat, D., & Prasidi, A. (2020). Cost Index dan Dampaknya Terhadap Efisiensi Biaya Operasional Pada B777-300 ER (Studi Kasus Garuda Indonesia) Cost Index and Its Impact on Operational Cost Efficiency In B777-300 ER (Case Study of Garuda Indonesia). In *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik (JMBTL)* (Vol. 6, Issue 2). <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmbtl>



- Roberson, B. (n.d.). Fuel Conservation Strategies: cost index explained.
- Rochmad Setiawan, Prasetyo Iswahyudi, Ahmad Mubarak, & Imam Fadila. (2025). Optimalisasi Kecepatan Jelajah Berbasis Indeks Biaya dalam Pelatihan Penerbangan: Studi pada Cessna 172SP di Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi. *SAFARI :Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 5(4), 40–56. <https://doi.org/10.56910/safari.v5i4.3227>
- Shahriar, A., Khandoker, A., Gessl, G., Sint, S., Hamid, M. A., Tariq, A., & Rahman, A. (2022). Predicting the unpredictable: General Aviation (GA) aircraft cost estimation evaluation. *Journal of Air Transport Management*, 102, 102221. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102221>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kulitatif dan RnD* (Prof. Dr. Sugiyono, Ed.; 19th ed., Vol. 19). ALFABETA. https://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_35efe6a47227d6031a75569c2f3f39d44fe2db43_1652079047.pdf
- Wu, M. G., & Sadosky, A. V. (2018a). Cost Efficiency of an Aircraft Arrival Speed Profile. *Journal of Aircraft*, 56(1), 410. <https://doi.org/10.2514/1.C034445>
- Wu, M. G., & Sadosky, A. V. (2018b). Cost Efficiency of an Aircraft Arrival Speed Profile. *Journal of Aircraft*, 56(1), 410. <https://doi.org/10.2514/1.C034445>
- Wulandari, L., Siregar, H., & Tanjung, H. (2018). Analisis Investasi dan Sensitivitas Unit Usaha Pembiayaan Syariah menuju Spin Off (Studi Kasus: Adira Finance). *Al-Muzara'ah*, 5(2), 125–133. <https://doi.org/10.29244/jam.5.2.125-133>
- Wulandari, L., Siregar, H., & Tanjung, H. (n.d.). Analisis Investasi dan Sensitivitas Unit Usaha Pembiayaan Syariah menuju Spin Off (Studi Kasus: Adira Finance) Investment and Sensitivity Analysis of Sharia Financing Business Unit toward Spin Off (Case Study: Adira Finance). <https://doi.org/10.29244/jam.5.2.125-133>
- Ziyad, M., Tjandra, K., Zulvah, Sugihartanto, M. F., & Arief, M. (2022). An Optimized and Safety-aware Maintenance Framework: A Case Study on Aircraft Engine. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, 2022-October*, 2057–2062. <https://doi.org/10.1109/ITSC55140.2022.9922187>