

ANALISIS TREN EFISIENSI BAHAN BAKAR DALAM INDUSTRI PENERBANGAN STUDI DATA *PERFORMANCE* PESAWAT

Ida Farida¹, Kukuh Prasetyo², Eka Iriato Bhiftime³, Nick Holson Manggiring Silalahi⁴,
Ahmad Hasan Fauzi⁵

^{1,3,4}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, UNHAN RI

^{2,5}Departemen Teknik Dirgantara, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, ITB Bandung

^{1,3,4}ida.farida@idu.ac.id ; ^{2,5}kprasetyo1@yahoo.co.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biaya operasional dalam penggunaan bahan bakar dalam industri penerbangan. Dalam beberapa dekade terakhir, efisiensi bahan bakar dalam industri penerbangan telah menjadi fokus utama untuk mengurangi biaya operasional yang meningkat dan dampak lingkungan. Studi ini mengeksplorasi data historis efisiensi bahan bakar bersamaan dengan kemajuan teknologi dan kerangka regulasi. Adopsi inovasi seperti material komposit ringan, mesin *turbofan high-bypass*, dan penyempurnaan aerodinamik pada desain pesawat terbang telah menghasilkan peningkatan efisiensi yang signifikan. Kebijakan seperti CORSIA dari ICAO telah mendorong upaya keberlanjutan dengan menetapkan target terukur untuk mengurangi emisi. Analisis mendalam menunjukkan bahwa pesawat generasi terbaru seperti Boeing 787 dan Airbus A350 mencatat peningkatan efisiensi bahan bakar hingga 20% dibandingkan dengan model sebelumnya. Peningkatan ini merupakan hasil dari desain sayap yang dioptimalkan dan sistem propulsi yang *advanced*. Selain itu, kebijakan regulasi mendorong penggunaan bahan bakar penerbangan berkelanjutan atau *sustainable aviation fuel (SAF)* dan sumber energi alternatif, membuka jalan bagi teknologi propulsi *hybrid* dan elektrik.

Kata kunci: Efisiensi Bahan Bakar, Data Kinerja Pesawat, Teknologi Penerbangan, Emisi Karbon, Pengurangan Konsumsi Bahan Bakar.

Abstract — *This study aims to determine the operational cost of fuel use in the aviation industry. In the past few decades, fuel efficiency in the aviation industry has become a major focus to reduce rising operational costs and environmental impacts. This study explores historical fuel efficiency data along with technological advancements and regulatory frameworks. The adoption of innovations such as lightweight composite materials, high-bypass turbofan engines, and aerodynamic refinements in aircraft design have resulted in significant efficiency gains. Policies such as ICAO's CORSIA have driven sustainability efforts by setting measurable targets to reduce emissions. In-depth analysis shows that the latest generation aircraft such as the Boeing 787 and Airbus A350 have recorded fuel efficiency gains of up to 20% compared to their predecessors. This improvement is a result of optimized wing designs and advanced propulsion systems. In addition, regulatory policies encourage the use of sustainable aviation fuel (SAF) and alternative energy sources, paving the way for hybrid and electric propulsion technologies.*

Keywords: *Fuel Efficiency, Aircraft Performance Data, Aviation Technology, Carbon Emissions, Fuel Consumption Reduction.*

1. PENDAHULUAN

Efisiensi bahan bakar yang digunakan dalam industri penerbangan telah menjadi salah satu fokus utama dalam kegiatan industri penerbangan, dalam hal ini berfokus terutama mengingat tingginya biaya bahan bakar dan meningkatnya regulasi terkait emisi karbon. Menurut IATA, sekitar 30% dari total biaya operasional maskapai dihabiskan untuk bahan bakar, membuat efisiensi bahan bakar menjadi aspek ekonomi yang sangat penting dalam berlangsungnya operasional maskapai (IATA, 2019). Selain itu, inisiatif lingkungan dari organisasi internasional seperti ICAO telah mendorong maskapai untuk mengurangi emisi karbon dengan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Dalam upaya ini, teknologi seperti *winglets*, material komposit, dan mesin yang lebih efisien telah diterapkan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar pesawat. Sebagai contoh, *winglets* telah terbukti mengurangi hambatan udara, sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar sebesar 3-5% pada penerbangan jarak jauh (Graham, 2015). Disisi lain, teknologi mesin generasi terbaru seperti LEAP dan GENx menawarkan peningkatan efisiensi hingga 15% di bandingkan dengan mesin generasi sebelumnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Inovasi Teknologi dalam Efisiensi Bahan Bakar

Teknologi yang memengaruhi efisiensi bahan bakar pesawat telah berkembang secara signifikan. Sejak tahun 1980-an, inovasi dalam bentuk struktur sayap dan optimasi desain aerodinamis telah mengurangi konsumsi bahan bakar. Peningkatan desain *winglet* dan penggunaan material ringan seperti komposit pada *fuselage* pesawat telah berkontribusi dalam mengurangi beban dan meningkatkan efisiensi (Anderson, 2019). Material komposit yang ringan tidak

hanya menurunkan beban pesawat tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan atau *fatigue*, serta meminimalisir *maintenance*. Selain inovasi struktural, mesin pesawat juga mengalami perkembangan pesat dalam hal efisiensi. Contoh nyata adalah penggunaan mesin *turbofan* generasi terbaru yang menggabungkan peningkatan efisiensi bahan bakar dengan pengurangan kebisingan. Dengan adanya teknologi seperti *high-bypass ratio*, efisiensi bahan bakar per unit jarak tempuh dapat ditingkatkan secara signifikan (Jones, 2017).

2.2. Pengaruh Kebijakan terhadap Inovasi Efisiensi

Peningkatan efisiensi bahan bakar dalam industri penerbangan tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kebijakan regulasi yang mendorong adopsi praktik yang lebih ramah lingkungan. ICAO melalui program *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA) berupaya mengurangi emisi karbon dari penerbangan internasional melalui skema kompensasi dan pengurangan karbon (ICAO, 2016). Di samping itu, insentif dan peraturan pemerintah setempat seperti di Uni Eropa dan Amerika Serikat juga telah berperan dalam mendorong inovasi teknologi ramah lingkungan. Dengan regulasi yang semakin ketat, maskapai penerbangan memiliki motivasi lebih besar untuk mengadopsi teknologi hemat bahan bakar. Sebagai contoh, beberapa maskapai di Amerika Utara melaporkan pengurangan emisi hingga 10% setelah beralih ke armada pesawat dengan mesin yang lebih efisien (Lee, et al., 2021).

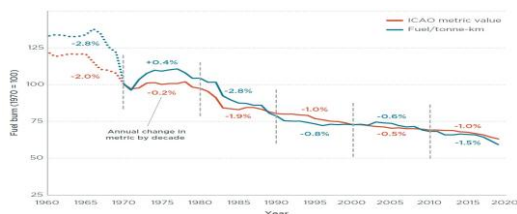
2.3. Pengumpulan Data dan Sumber

Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari beberapa sumber utama, termasuk laporan tahunan IATA, *database* penerbangan seperti yang diterbitkan oleh ICAO, dan data performa bahan bakar dari maskapai penerbangan komersial. Data ini mencakup periode 20 tahun terakhir dan mencakup berbagai

model pesawat dari Airbus dan Boeing. Selain itu, data dari laporan produsen mesin seperti CFM *International* dan Rolls-Royce turut dikaji untuk memahami perkembangan efisiensi bahan bakar pada mesin pesawat.

2.4. Teknik Analisis Data

Analisis statistik dilakukan untuk mengidentifikasi tren dalam konsumsi bahan bakar dari waktu ke waktu, menggunakan metode regresi linier untuk memperkirakan perubahan efisiensi berdasarkan data historis. Selain itu, analisis korelasi antara penerapan teknologi baru dan peningkatan efisiensi dilakukan untuk mengukur dampak teknologi pada efisiensi bahan bakar. Grafik berikut menunjukkan tren penurunan konsumsi bahan bakar pada berbagai model pesawat komersial dalam dua dekade terakhir.



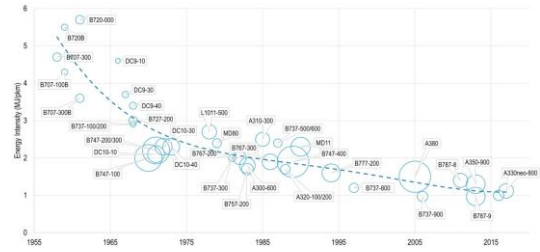
Gambar 1. Tren peningkatan efisiensi bahan bakar selama dua dekade terakhir. Sumber: IATA (2020)

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Tren Efisiensi Bahan Bakar Berdasar kan Jenis Pesawat

Data menunjukkan adanya peningkatan efisiensi bahan bakar yang konsisten, terutama pada pesawat-pesawat generasi terbaru. Model-model seperti Boeing 787 dan Airbus A350 menggunakan teknologi material komposit yang lebih ringan, mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 20% dibandingkan pesawat generasi sebelumnya. Selain itu, model Boeing 737 MAX dan Airbus A320neo, yang menggunakan mesin LEAP, menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 15% dibandingkan model sebelumnya (Boeing,2019). Pesawat penerbangan jarak jauh seperti Boeing 787 telah membuktikan bahwa teknologi

yang *advanced* dapat memberi kan keuntungan signifikan dalam penghematan bahan bakar. Grafik berikut menunjukkan perbandingan efisiensi bahan bakar berdasarkan jenis pesawat (diukur dalam intensitas energi *MegaJoule* per penumpang-kilometer).



Gambar 2. Tren efisiensi bahan bakar pada pesawat jet tertentu. Sumber: OECD (2009)

Dari Gambar 2 diatas terlihat bahwa evolusi pesawat jet berjalan seiring dengan peningkatan efisiensi bahan bakar mereka (diukur dalam *megajoule* per penumpang-km). Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi energi pesawat dalam beberapa dekade terakhir:

- Peningkatan efisiensi bahan bakar mesin per unit daya dorong: sekitar 70%.
- Peningkatan aerodinamika: sekitar 25%.
- Faktor lain seperti skala ekonomi dari pesawat yang lebih besar: sekitar 5%.

Tonggak penting tercapai pada awal tahun 1970-an dengan diperkenalkannya pesawat jet generasi kedua (B747 dan DC10) yang mencakup peningkatan efisiensi mesin serta manfaat ekonomi dari kapasitas *payload* yang tinggi, yaitu sekitar 300 hingga 400 penumpang. Peningkatan efisiensi struktural, seperti pengurangan berat, memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi. Kenaikan harga energi memiliki beberapa dampak pada perusahaan maskapai penerbangan, salah satunya adalah peralihan ke pesawat yang lebih hemat bahan bakar. Pesawat-pesawat generasi terbaru ini dirancang dengan memprioritaskan efisiensi bahan bakar, termasuk

penggunaan material yang lebih ringan (contoh: komposit) dan peningkatan aerodinamika, misalnya *winglet* untuk mengurangi hambatan udara (OECD, 2009).

3.2 Dampak Kebijakan pada Pengerangan Emisi

Studi ini menemukan bahwa kebijakan dari ICAO dan regulator lokal berpengaruh positif terhadap adopsi teknologi hemat bahan bakar. Sebagai contoh, kebijakan CORSIA mendorong maskapai untuk melakukan kompensasi emisi karbon, memacu minat maskapai pada pemilihan pesawat yang mempunyai karakteristik konsumsi bahan bakar rendah. Sebuah studi oleh Airbus pada 2020 menunjukkan bahwa pesawat yang memenuhi standar CORSIA mengalami peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 2% per tahun (Airbus, 2020).

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1. Kesimpulan

Efisiensi bahan bakar yang digunakan pada pesawat komersial telah mengalami peningkatan yang signifikan selama beberapa dekade terakhir, berkat perkembangan teknologi dan kebijakan yang mendorong pengurangan emisi. Teknologi seperti penggunaan material komposit dan inovasi dalam mesin pesawat memainkan peran besar dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan keberlanjutan. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan dalam bidang bahan bakar alternatif dan sistem propulsi *hybrid*.

4.2. Rekomendasi

- Pengembangan bahan bakar alternatif: Perlu dilakukan penelitian mendalam mengenai efisiensi bahan bakar alternatif seperti SAF dan *hydrogen cell* untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan.
- Studi efisiensi dalam sistem propulsi *hybrid*-listrik: Teknologi propulsi *hybrid* menawarkan potensi besar untuk

mengurangi konsumsi bahan bakar dalam penerbangan jarak pendek /menengah.

- Pemodelan performa dengan data *real-time*: Analisis dengan data *real-time* dapat memberikan wawasan lebih dalam terkait konsumsi bahan bakar dan prediksi efisiensi.

5. REFERENSI

- [1] International Air Transport Association (IATA) (2019). *Carbon Emissions and Efficiency*. IATA Annual Report.
- [2] Graham, W.R. (2015). "Fuel-Efficient Aerodynamics in Commercial Aviation", *Journal of Aerospace Engineering*, 29(4), pp.257-269.
- [3] Anderson, T. (2019). "Material Fatigue and Environmental Effects on Aircraft Structures", *Journal of Aerospace Materials*, 35(2), pp.105-112.
- [4] Jones, R. (2017). "Corrosion Control in Aerospace", *Aerospace Engineering Journal*, 52(1), pp.15-25.
- [5] ICAO (2016). *Environmental Standards for Aircraft Operations*. ICAO Green Initiative.
- [6] Lee, D.S., et al. (2021). "The Contribution of Global Aviation to Anthropogenic Climate Forcing for 2000 to 2018", *Atmospheric Environment*, 244.
- [7] Boeing (2019). *Sustainability and Efficiency in the 787 Dreamliner*. Boeing Technical White Paper.
- [8] OECD (2009). *Transport, Energy and CO2: Moving Towards Sustainability*. OECD Publishing.
- [9] Airbus (2020). *Advancements in Fuel Efficiency with the A320neo*. Airbus Sustainability Report.