

ANALISIS HUBUNGAN FASE PENERBANGAN DENGAN TINGKAT KERUSAKAN PESAWAT AKIBAT TABRAKAN DENGAN BURUNG DENGAN METODE CHI SQUARE

Imelda Octavia Lumbantobing¹, Arnis Wulan Andari Surbakti²

Prodi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Email : imeldaoctaviatobing@gmail.com¹, arnissurbakti@gmail.com²

ABSTRAK

Tabrakan antara burung dan pesawat (bird strike) merupakan salah satu ancaman nyata dalam keselamatan penerbangan yang dapat menyebabkan kerusakan struktural maupun gangguan operasional pada pesawat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara fase penerbangan dengan tingkat kerusakan pesawat akibat tabrakan dengan burung menggunakan metode statistik Chi-Square. Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan inferensial. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari situs Kaggle, mencakup insiden bird strike di wilayah Amerika Serikat dengan variabel utama berupa fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat, keduanya bersifat kategorik ordinal. Analisis dilakukan menggunakan uji Chi-Square dengan bantuan perangkat lunak R. Hasil uji menunjukkan nilai X-squared sebesar 7732,3 dengan p-value < 0,05, yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat. Visualisasi data menggunakan heatmap dan barplot memperlihatkan bahwa fase *approach* dan *arrival* merupakan fase yang paling sering mengalami insiden dengan potensi kerusakan yang relatif tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa kerusakan akibat bird strike tidak terjadi secara acak, melainkan bergantung pada fase penerbangan tertentu. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi otoritas bandara dan maskapai penerbangan untuk memfokuskan mitigasi risiko pada fase-fase kritis dalam siklus penerbangan.

Kata Kunci: Bird Strike, Fase Penerbangan, Kerusakan Pesawat, Chi-Square, Keselamatan Penerbangan

ABSTRACT

Bird strikes are a significant threat to aviation safety, potentially causing structural damage and operational disruptions to aircraft. This study aims to analyze the relationship between the phase of flight and the level of aircraft damage caused by bird strikes using the Chi-Square statistical method. This research is quantitative in nature, employing both descriptive and inferential approaches. The data used are secondary, obtained from the Kaggle platform, and consist of bird strike incidents in the United States. The primary variables analyzed are flight phases and the extent of aircraft damage, both of which are ordinal categorical variables. Analysis was conducted using the Chi-Square test with the help of R software. The results show a Chi-Square value of 7732.3 with a p-value < 0.05, indicating a statistically significant relationship

Article History

Received: Juni 2025

Reviewed: Juni 2025

Published: Juni 2025

Plagiarism Checker No 223

DOI :

10.8734/Trigo.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Trigonometri



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

between flight phase and the severity of aircraft damage. Data visualizations using heatmaps and bar plots reveal that the approach and arrival phases are the most frequent and risk-prone stages for bird strikes. These findings suggest that bird strike-induced damage does not occur randomly but is strongly associated with specific phases of flight. Therefore, this study provides practical implications for airport authorities and airlines to focus risk mitigation efforts on these critical phases of flight operations.

Keywords: Bird Strike, Flight Phase, Aircraft Damage, Chi-Square, Aviation Safety

PENDAHULUAN

Keselamatan penerbangan merupakan aspek paling krusial dalam industri transportasi udara. Berbagai faktor teknis dan non-teknis berkontribusi terhadap keselamatan, salah satunya adalah ancaman dari **tabrakan antara burung (bird strike) dan pesawat terbang**. Bird strike merupakan kejadian ketika burung atau kelompok burung bertabrakan dengan pesawat, baik saat lepas landas, mendarat, maupun dalam fase jelajah. Insiden ini tidak hanya dapat mengganggu operasional penerbangan, tetapi juga dapat menimbulkan **kerusakan pada struktur pesawat dan berpotensi membahayakan keselamatan penumpang dan awak pesawat** (Dirjen Perhubungan Udara, 2022).

Frekuensi bird strike terus meningkat seiring dengan bertambahnya volume penerbangan dan semakin meluasnya habitat burung di sekitar bandara. Data dari Kementerian Perhubungan mencatat bahwa sepanjang tahun 2021 terdapat lebih dari 900 laporan bird strike di wilayah udara Indonesia, dengan sebagian besar terjadi pada fase *take-off* dan *landing* (Kemenhub, 2022). Tingginya angka ini menunjukkan bahwa **fase penerbangan memiliki keterkaitan erat dengan risiko terjadinya tabrakan dengan burung**, sehingga penting untuk melakukan kajian yang dapat mengidentifikasi fase-fase kritis dalam siklus penerbangan yang paling rentan terhadap insiden ini.

Tabrakan dengan burung dapat menyebabkan tingkat kerusakan yang bervariasi, mulai dari kerusakan ringan seperti goresan pada badan pesawat, hingga kerusakan berat pada mesin atau sistem kendali. Kerusakan parah bahkan dapat menyebabkan kegagalan mesin dan memaksa pesawat melakukan pendaratan darurat. Oleh karena itu, **analisis hubungan antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan akibat bird strike menjadi penting untuk memahami pola kejadian dan dampaknya**, sehingga upaya pencegahan dan mitigasi risiko dapat dirancang secara lebih efektif (Angkasa Pura I, 2021).

Dalam penelitian ini, metode Chi-Square digunakan untuk menguji hubungan antara dua variabel kategori, yaitu fase penerbangan (seperti taxiing, take-off, climb, cruise, approach, dan landing) dan tingkat kerusakan pesawat (tidak ada kerusakan, ringan, sedang, berat). Chi-Square adalah teknik statistik non-parametrik yang cocok digunakan ketika data bersifat nominal atau ordinal, serta digunakan untuk menguji apakah terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara dua variabel tersebut (Wahyudi & Rachman, 2020). Hasil dari analisis ini akan memberikan informasi apakah fase tertentu secara signifikan berkorelasi dengan risiko kerusakan yang lebih tinggi, sehingga dapat menjadi dasar bagi peningkatan sistem peringatan dini dan pengelolaan risiko fauna di bandara.

Penelitian ini juga berperan penting dalam mendukung kebijakan keselamatan penerbangan di Indonesia, khususnya dalam strategi wildlife hazard management yang diatur dalam regulasi International Civil Aviation Organization (ICAO) dan telah diadopsi oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis data untuk mengurangi insiden bird strike melalui pendekatan mitigasi berbasis waktu dan lokasi yang spesifik, seperti peningkatan patroli di jam-jam sibuk burung bermigrasi atau saat aktivitas penerbangan berada dalam fase berisiko tinggi (BPPT, 2020).

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi secara akademik dalam penerapan metode statistik dalam analisis kecelakaan penerbangan, tetapi juga memberikan kontribusi praktis bagi operator bandara, maskapai penerbangan, dan regulator untuk menyusun strategi keselamatan yang lebih presisi. Analisis hubungan fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat akibat bird strike menggunakan metode Chi-Square menjadi penting untuk mendukung penerbangan yang aman, efisien, dan berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan inferensial. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk hubungan antara fase penerbangan dengan tingkat kerusakan pesawat akibat tabrakan dengan burung

2. Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari situs Kaggle(<https://www.kaggle.com/code/vikasmalhotra08/statistical-tests-chi-square-test/input>). dalam data ini merupakan catatan tabrakan burung dengan pesawat terbang di AS. Data set ini mencakup informasi waktu kejadian, operator spesies burung, kerusakan pesawat, serta fase penerbangan saat kejadian. Data yang dianalisis mencakup:

- 1) Tingkat kerusakan pesawat (Y), dengan variabel termasuk kategorik ordinal
- 2) Fase penerbangan (X), dengan variabel kategorik ordinal

3. Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan analisis deskriptif untuk melihat distribusi frekuensi kejadian berdasarkan fase penerbangan dan jenis kerusakan. Lalu setelah itu dilakukan analisis inferensial yang dilakukan dengan menggunakan uji Chi Square ((X^2)) untuk mengetahui apakah terdapat hubungan signifikan antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat. Dan uji ini dilakukan dengan bantuan software R.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data

Tabel 1. Hasil Uji Chi Square

X- Squared	df	P-Value
7732.3	12	2.2e-16

Hipotesis:

H_0 = Tidak ada perbedaan antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat

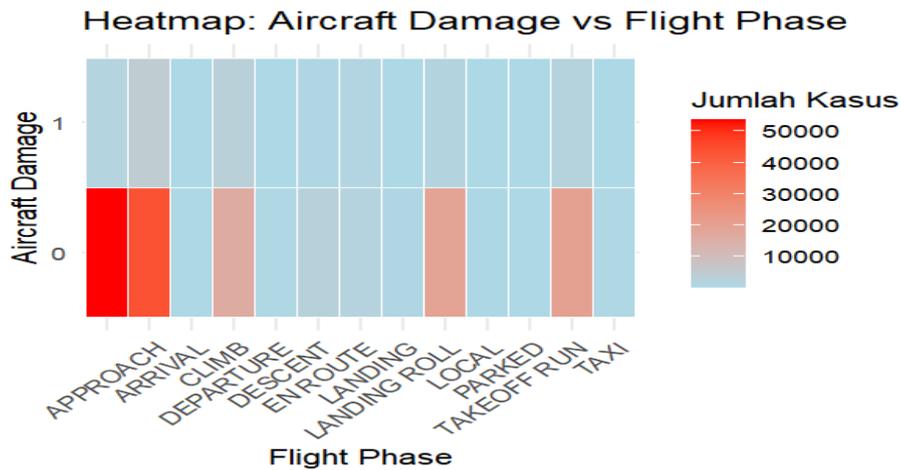
H_1 = Ada perbedaan antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat

Parameter:

Jika Nilai Chi-square hitung < Chi-square tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Jika nilai Chi-square hitung > Chi-square tabel maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

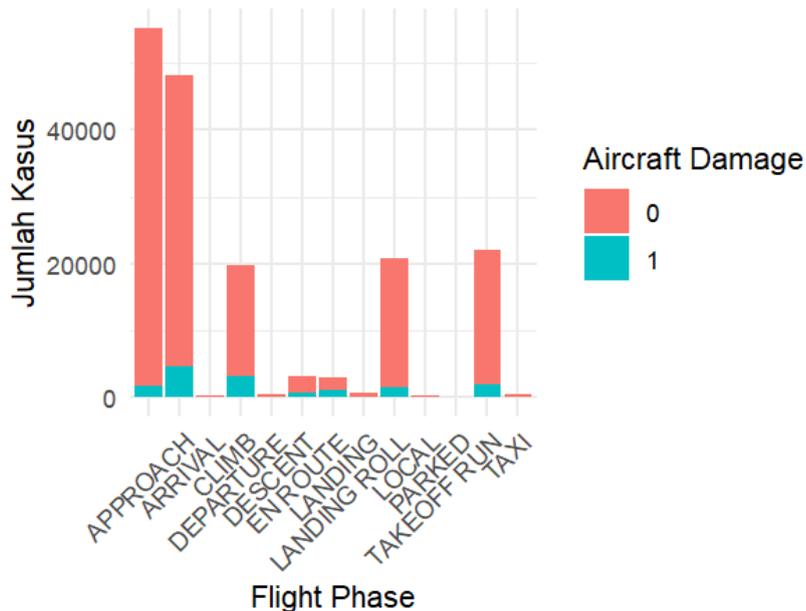
Pada Tabel 1 menjelaskan nilai uji Chi Square kedua variabel kategorik ini diperoleh P-Valeunya < 0,05 maka dapat disimpulkan terdapat hubungan statistik antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat. Ini menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi tidak bersifat acak terhadap semua fase penerbangan



Gambar 1. Heatmap

Gambar 1 menunjukkan bahwa kerusakan paling sering terjadi pada fase *approach*, dan *arrival*, ditandai dengan warna merah yang menunjukkan frekuensi tinggi. Fase - fase seperti *cruise* dan *parked* memiliki frekuensi insiden yang rendah.

Barplot: Distribusi Aircraft Damage pada Sei



Gambar 2 Barplot

Gambar 2 menunjukkan bahwa fase *approach*, *arrival*, dan *takeoff run* memiliki jumlah kejadian tabrakan yang paling tinggi, baik yang menyebabkan kerusakan (1) maupun tidak (0). Terlihat bahwa mayoritas insiden tidak menyebabkan kerusakan serius namun tetap terjadi dalam jumlah yang signifikan khususnya saat *approach*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan metode Chi-Square, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara fase penerbangan dan tingkat kerusakan pesawat akibat tabrakan dengan burung. Nilai uji Chi-Square yang diperoleh sebesar 7732,3 dengan nilai p-value < 0,05 menunjukkan bahwa insiden bird strike tidak terjadi secara acak terhadap semua fase penerbangan. Sebaliknya, terdapat pola yang menunjukkan bahwa fase-fase tertentu lebih rentan terhadap kejadian ini. Visualisasi data melalui heatmap dan barplot memperkuat temuan ini, di mana fase *approach*, *arrival*, dan *takeoff run* tercatat sebagai fase dengan frekuensi tabrakan paling tinggi, baik yang menyebabkan kerusakan ringan maupun berat. Fase-fase tersebut merupakan momen krusial di mana pesawat berada pada

ketinggian rendah dan dekat dengan area habitat burung, sehingga meningkatkan risiko tabrakan.

Oleh karena itu, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan risiko bird strike secara spesifik berdasarkan fase penerbangan, terutama dengan meningkatkan mitigasi pada fase pendekatan dan pendaratan. Strategi seperti pengawasan satwa liar, penggunaan sistem pengusir burung, dan penyesuaian jadwal penerbangan di bandara yang rawan, dapat menjadi bagian dari langkah-langkah preventif berbasis data untuk meningkatkan keselamatan penerbangan secara keseluruhan.

Bibliografi

- Angkasa Pura I. (2021). *Evaluasi Bird Strike di Wilayah Kerja Bandara*. Surabaya: Divisi Operasional Keselamatan.
- BPPT. (2020). *Kajian Potensi Bahaya Satwa Liar di Bandara Udara Nasional*. Jakarta: Balai Teknologi Keselamatan Transportasi Udara.
- Dirjen Perhubungan Udara. (2022). *Laporan Tahunan Keselamatan Penerbangan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan RI.
- Kemenuh. (2022). *Statistik Kejadian Bird Strike Nasional 2021-2022*. Jakarta: Subdirektorat Kelaikudaraan.
- Wahyudi, A., & Rachman, T. (2020). Penggunaan Uji Chi-Square dalam Analisis Data Kategorik pada Kecelakaan Transportasi. *Jurnal Statistika dan Keselamatan*, 7(2), 77-86.