

Analisis Tabrak Burung Pada Struktur *Engine Inlet* dengan Metode Elemen Hingga

Sahril Afandi Sitompul*, Mark Andrew

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

*Corresponding Author: sahrilafandi@gmail.com

Abstrak – Pada penelitian ini, tabrak burung pada *engine inlet* dengan metode numerik berbasis metode elemen hingga akan dibahas. Kecepatan impact burung pada struktur *engine inlet* divariasikan dengan nilai 75 m/s, 100 m/s, 125 m/s dan 150 m/s serta variasi sudut sebesar 0° dan 45° . Material burung dan struktur *engine inlet* dimodelkan memiliki sifat material elastis-plastis. Hasil simulasi menunjukkan gaya impact lebih tinggi pada arah tumbukan 0° untuk tiap kecepatan yang sama. Gaya impact maksimum pada tiap kecepatan untuk arah tumbukan 0° dan 45° pada rentang 7 – 26 kN dan 4 – 25 kN. Sementara, hasil perpindahan maksimum pada tiap kecepatan untuk arah tumbukan 0° dan 45° pada rentang 105 – 211 mm dan 103 – 183 mm.

Kata kunci: Tabrak burung, *Engine Inlet*, Metode elemen hingga.

Abstract – In this study, bird strike simulation on engine inlet using finite element method will be presented. The engine inlet structure is assumed consist of skin only and bird strike velocities are 75 m/s, 100 m/s, 125 m/s and 150 m/s with impact direction of 0° , 45° . Bird material is defined as elasto-plastic material. The results show impact force during bird strike is higher when impact direction 0° at the same speed. Maximum impact force at each speed shows values between 27 – 53 kN dan 16 – 40 kN for impact direction of 0° and 45° , respectively. Maximum displacement at each speed shows values between 105 – 211 mm and 103 – 183 mm for impact direction of 0° and 45° , respectively.

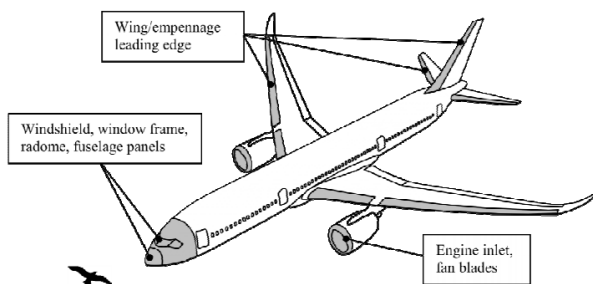
Keywords: Bird Strike, Engine Inlet, Deformation, Finite Element Method.

I. PENDAHULUAN

Tabrak burung didefinisikan sebagai tabrakan antara hewan terbang (pada umumnya burung) dengan kendaraan buatan manusia, khususnya pesawat terbang. Kasus tabrak burung merupakan ancaman yang signifikan terhadap keamanan dan keselamatan operasional penerbangan baik sipil maupun militer dan juga penyebab beberapa kecelakaan dengan korban jiwa manusia. Peningkatan kasus tabrak burung pada dunia penerbangan mulai perlu diwaspadai dan diantisipasi.

Industri penerbangan komersial mengalami kerugian besar akibat kejadian tabrak burung. Data International Bird Strike Committee, menunjukkan 55 kejadian fatal telah terjadi antara tahun 1912 dan 2009, terdapat 108 buah pesawat rusak dan 277 penumpang meninggal. Selama penerbangan militer, korban jiwa dan kerusakan pesawat menunjukkan setidaknya 283 pesawat rusak, menyebabkan 141 kematian antara tahun 1959 dan 1999 [1].

Kerusakan atau kegagalan pada struktur akibat fenomena tabrak burung rentan terjadi pada komponen permukaan luar pesawat udara. Komponen struktur tersebut berupa *windshield*, *radome*, *fuselage skin/panels*, *fan blade* maupun *inlet engine* [2], seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**.



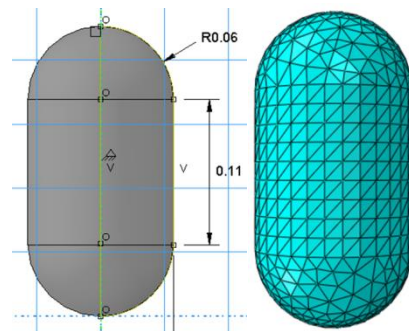
Gambar 1 Ilustrasi komponen struktur pesawat yang rentan terhadap tabrak burung [2].

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan pada struktur *engine inlet* guna memperoleh respon struktur ketika terjadi tabrak burung dengan memvariasikan kecepatan impact dan arah tumbukan, serta simulasi dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan konsep diskritisasi *lagrangian*.

II. PEMODELAN DAN SIMULASI NUMERIK

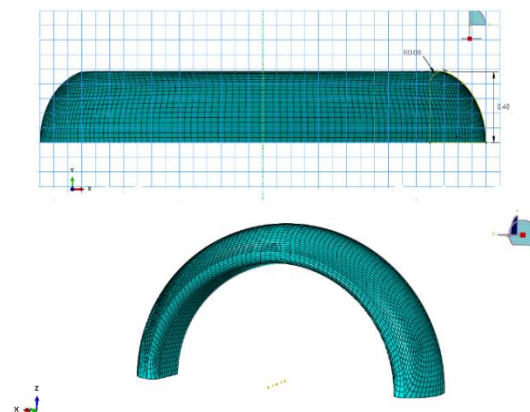
2.1 Model Burung dan Pelat Datar

Pada simulasi tabrak burung digunakan geometri model burung, yaitu pemodelan burung dengan dimensi radius setengah bola tiap ujung 0,057 m dan panjang bagian silinder 0,114 m dan total massa 1,8 kg [2] seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**. Model terdiri dari 7730 solid elemen (C3D4) dengan rata-rata panjang elemen 12-13 mm.



Gambar 2 Geometri model burung dan bentuk *meshing*.

Geometri *Engine inlet* memiliki dimensi dan *meshing* seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**. Ukuran *meshing* yang digunakan rata-rata 3 mm dengan jenis elemen *Shell Quad S4R*.



Gambar 3 Geometri model *engine inlet* dan bentuk *meshing*.

2.2 Data Material

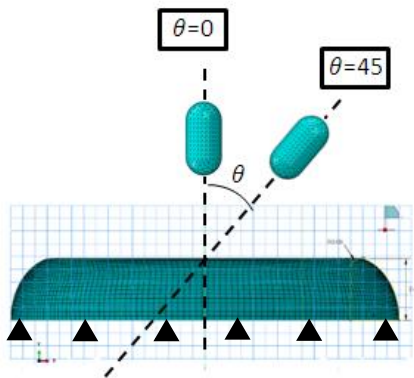
Model material yang digunakan adalah *elasto-plastic*. Properti material yang digunakan ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data Material [7]

Material	Density (kg/m ³)	Young's Modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield Stress (MPa)
Al7075-T6	2810	71,7	0,33	503
Bird	938	0,0689	0,49	0,006894

2.3 Kondisi Pembebanan dan Kondisi Batas

Beban impact diberikan dengan variasi kecepatan awal tumbukan 75 m/s, 100 m/s, 125 m/s dan 150 m/s, dengan kondisi arah tumbukan 0° dan 45° pada tiap kecepatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Definisi arah sudut impact tabrak burung $\theta = 0^\circ$ dan $\theta = 45^\circ$ (tampak atas) serta kondisi batas.

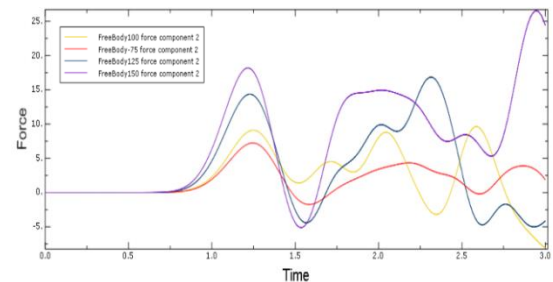
Kondisi batas/tumpuan ditentukan pada bagian sisi ujung belakang engine inlet seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dengan kondisi tumpuan jepit (fixed).

III. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

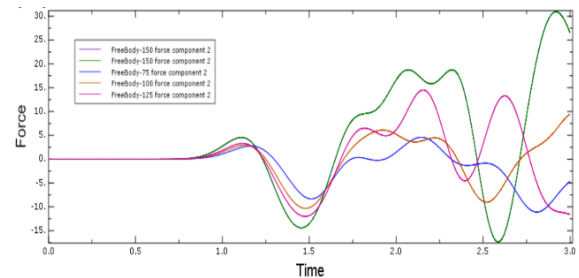
Keluaran simulasi numerik tabrak burung berupa gaya impact tiap waktu dan distribusi deformasi/perpindahan yang terjadi tiap kondisi pembebanan simulasi. Grafik gaya impact ditunjukkan Gambar 5-6 dan bentuk deformasi Gambar 7-8 untuk tiap kecepatan pada arah tumbukan 0° dan 45°.

Pola grafik gaya impact tiap waktu pada Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan beberapa puncak gaya. Fenomena tersebut disebabkan interaksi kontak dan deformasi antara burung dan struktur engine inlet. Saat tumbukan pertama burung dengan engine inlet, tekanan pada titik impact meningkat secara cepat akibat shock pressure yang timbul. Saat shock wave merambat pada

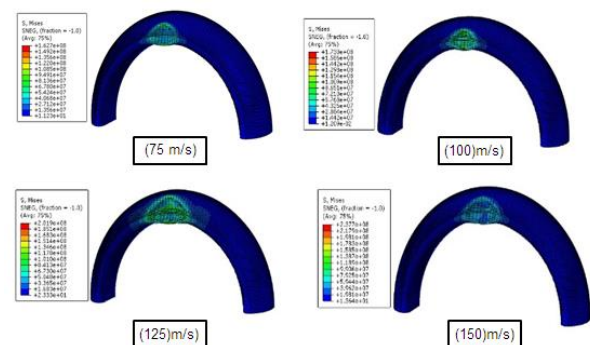
engine inlet, menyebabkan engine inlet bergerak pada arah yang sama dengan kecepatan awal tumbukan burung, pada saat bersamaan permukaan depan burung mengalami ekspansi dan tekanan pada area kontak menurun. Penurunan gaya impact antara burung dan engine inlet yang terjadi serta kekakuan flexural engine inlet mengurangi kecepatan engine inlet sehingga memperbesar gaya impact kembali dan gaya impact puncak terbentuk kembali. Proses ini berulang hingga interaksi shock wave dari sumber lain menghilangkan tekanan tinggi.



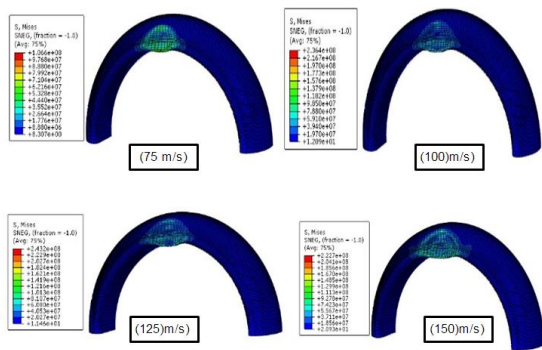
Gambar 5 Gaya impact (kN) terhadap waktu (ms) tiap kondisi awal kecepatan pada sudut impact 0°.



Gambar 6 Gaya impact (kN) terhadap waktu (ms) tiap kondisi awal kecepatan pada sudut impact 45°.



Gambar 7 Bentuk deformasi akhir dengan variasi kecepatan pada sudut impact 0°



Gambar 8 Bentuk deformasi akhir dengan variasi kecepatan pada sudut impact 45°

Gaya impact pada arah tumbukan 0° lebih besar dibandingkan dengan arah tumbukan 45°. Hal ini berkaitan dengan kondisi kontak, pada arah tumbukan 0°, energi kinetik burung secara keseluruhan ditransfer saat tumbukan menyebabkan perpindahan dan tegangan lebih tinggi pada saat kontak, sehingga hasil simulasi berupa deformasi paling besar juga pada arah tumbukan 0° dibanding arah tumbukan 45° pada tiap-tiap kecepatan yang sama. Hasil gaya maksimum dan perpindahan maksimum dirangkum pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Nilai maksimum gaya impact dan perpindahan

Kec. (m/s)	Gaya Impact pada 0° (kN)	Gaya Impact pada 45° (kN)	Perpindahan 0° (mm)	Perpindahan 45° (mm)
75	7	4	105	103
100	9	9	136	137
125	16	14	174	164
150	26	25	211	183

IV. KESIMPULAN

Hasil simulasi numerik berbasis metode elemen hingga dengan variasi kecepatan dan arah tumbukan pada *engine inlet* dapat diamati. Efek variasi kecepatan menyebabkan energi kinetik lebih tinggi sehingga gaya impact dan perpindahan lebih tinggi saat tumbukan terjadi. Variasi arah tumbukan menunjukkan, pada arah 0° hampir keseluruhan energi kinetik material burung ditransfer saat kontak dengan *engine inlet* sehingga gaya impact dan perpindahan lebih besar dibanding arah tumbukan 45°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allan, J. R. (2000) *The costs of bird strikes and bird strike prevention. In Human conflicts with wildlife: Economic considerations* (pp. 147-153). Lincoln, NE: USDA National Wildlife Research Center Symposia.
- [2] Sebastian Heimbs (2011) *Bird Strike Analysis in Aircraft Engineering: An Overview*. Advances in Mechanical Engineering Research, Vol 3. Nova Science Publishers, Inc.
- [3] J.P. Barber, H.R. Taylor, J.S. Wilbeck, *Characterization of bird impacts on a rigid plate: part I*. Technical Report AFFDL-TR-75-5, Air Force Flight Dynamics Laboratory, 1975.
- [4] J.P. Barber, H.R. Taylor, J.S. Wilbeck, *Bird impact force and pressures on rigid and compliant target*. Technical Report AFFDL-TR-77-60, Air Force Flight Dynamics Laboratory, 1978.
- [5] J.S. Wilbeck, *Impact behavior of low strength projectiles*. Technical Report AFML-TR-77-134, Wright-Patterson Air Force Base, 1978.
- [6] J.S. Wilbeck, J.P. Barber, *Impact bird loading*, The Shock and Vibration Bulletin 48, 2 (1978) 115-122.
- [7] Shuhua Zhu, Mingbo Tong, Yuequan Wang, *Experiment and Numerical Simulation of a Full-Scale Aircraft Windshield Subjected to Bird Impact*, 50th AIAA/ASME/ASCE/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, California, 2009.