
Analisa Pengaruh Dimensi dan Gap Shear Pin pada Towbar terhadap Nose Landing Gear Pesawat dengan Metode FEA

The Effect Analysis Dimension and Gap of Shear Pin at Towbar for Aircraft Nose Landing Gear with FEA Method

¹Taufik Kurniawan, ²Abubakar As'sidiq

¹Politeknik Kirana, Jl. Harmony Raya, Blok GK No.06 Gedung D. Tangerang – Banten.

²Politeknik Kirana, Jl. Harmony Raya, Blok GK No.06 Gedung D. Tangerang – Banten.

e-mail: Taufik.kurniawan@politeknikkirana.ac.id

Receive: 15-12-2025

Accepted: 16-01-2026

Abstract

Pushback is one of aircraft activities that an aircraft will heading to the taxiway. The aircraft is pushed by a towing tug that connected by a towbar. Towbar as a connector between the towing tug and the aircraft which has an important process. Because in some cases a towbar can cause damage to the landing gear and even the aircraft's airframe. The problem occurred caused by the shear pin on the towbar broke, and causing the aircraft to be uncontrollable and crash with tug towing. This problem occurred on March 3, 2017 at stand 1, Manchester Airport, the broken shear pin was not detected and was still attached to the towbar until when pushing the plane the towbar came off and the plane was out of control. Shear pins also cannot be made stronger than the required force to make aircraft move because excessive force when push the aircraft can cause damage to the nose landing gear. In this analysis, the influence of dimensions and shear pin gaps on the towbar will be discussed using the Finite Element Analysis (FEA) method.

Keywords: towbar, shear pin, aircraft, nose landing gear, tug towing

Abstrak

Pushback adalah salah satu aktifitas yang pasti dilakukan pesawat terbang saat akan menuju ke taxi way. Pesawat didorong oleh tug towing yang dihubungkan oleh towbar. Towbar sebagai penghubung antara tug towing dan pesawat memiliki peran penting. Karena dalam beberapa kasus towbar yang bermasalah dapat membuat kerusakan pada landing gear bahkan hingga airframe pesawat. Permasalahan yang dihadapi terjadi karena shear pin yang patah pada towbar menyebabkan pesawat tidak dapat dikendalikan dan menabrak tug towing. Permasalahan ini terjadi pada 3 maret 2017 di stand 1, Manchester airport, shear pin yang patah tidak terdeteksi dan masih menempel pada towbar hingga saat mendorong pesawat towbar terlepas dan pesawat tidak terkendali. Shear pin juga tidak bisa dibuat lebih kuat dari gaya yang dibutuhkan untuk dapat mendorong pesawat hingga bergerak karena jika ada hambatan berlebih saat mendorong pesawat dapat menyebabkan kerusakan pada nose landing gear. Pada analisa ini akan dibahas pengaruh dimensi dan gap shear pin pada towbar dengan metode Finite Element Analysis (FEA).

Kata Kunci: towbar, shear pin, pesawat, Nose landing gear, tug towing

PENDAHULUAN

Aktivitas *pushback* pesawat diperlukan ketika pesawat tidak dapat atau tidak diizinkan meninggalkan tempat parkir pesawat dengan tenaga mesinnya sendiri karena terbatasnya desain tempat parkir pesawat [1]. Pada tanggal 21 agustus tahun 2006 di Newark, New Jersey terjadi insiden kerusakan pada *nose landing gear* Boeing 737-524 yang disebabkan oleh

beban berlebih pada titik *nose landing gear* [2]. Kejadian terjadi saat pesawat ditarik oleh *tug towing* dengan menggunakan *towbar*, saat pesawat bergerak dengan kecepatan tertentu *tug towing* melakukan pengereman yang menyebabkan pesawat dengan momen tertentu mendorong *towbar* yang menyebabkan kerusakan pada *nose landing gear*. Saat kejadian *shear pin* yang menjadi *safety device* mengalami patah, namun *nose landing gear* yang terhubung juga mengalami kerusakan. (*Aviation Investigation, 2006*). Analisis kecelakaan selama *pushback* di bandara AS (antara tahun 1991-2010) menunjukkan bahwa 31,8% dari 179 kejadian karena *pushback* mengalami kerusakan akibat tabrakan antara pesawat yang didorong dengan pesawat yang bergerak, diam atau benda disekitar [3]. Tingginya angka insiden/kecelakaan di *apron* sangat mengkhawatirkan. Mayoritas kejadian *Ground operation* hampir selalu mengakibatkan insiden dengan dampak keselamatan yang minor. Namun, karena jumlah kejadian yang sangat besar ini, beban keuangan maskapai-maskapai besar di seluruh dunia sangat berat. Dalam konteks program *Ground Accident Prevention (GAP)*, *Flight Safety Foundation* memperkirakan biaya *ramp accidents* di seluruh dunia setidaknya mencapai US\$10 miliar per tahun [4]. Kesalahan yang sering terjadi adalah rendahnya kesadaran situasional *crew* pesawat terhadap *ground operation* karena terbatasnya pandangan kokpit pesawat dan kurangnya konsentrasi untuk memenuhi prosedur operasi standar (SOP) [3].

Gambar 1 Kejadian kerusakan yang disebabkan oleh pesawat yang didorong oleh *Tug towing* di bandara AS dari tahun 1991-2010

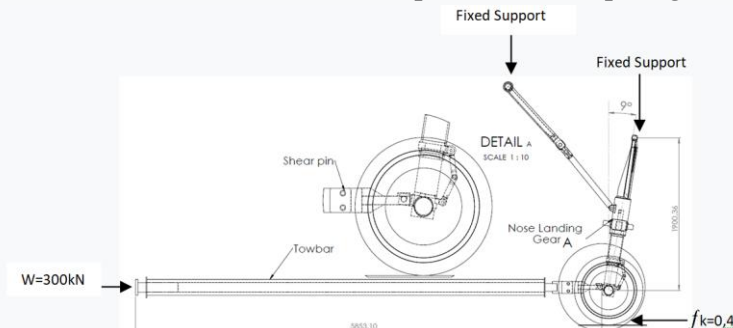
Tabrakan oleh	Penyebab	Jumlah kejadian
<i>Tug/towbar</i>	<i>Jackknife</i> dari tug karena kondisi permukaan jalan yang buruk	10
	Kecepatan tinggi, dan berhenti mendadak	5
	Kerusakan pada <i>tug towing</i>	3
	Permukaan jalan licin karena es.	1
	hilangnya koneksi <i>tug towing</i> dengan pesawat (penyebab tidak ditentukan)	8
	<i>Towbar</i> patah	5
	<i>Shear pin</i> patah	5
Pesawat	Pesawat rusak	4
	Pergerakan pesawat yang tidak terkendali	7
	Kesalahan/kurangnya isyarat tangan	8
	Menyalakan mesin secara paralel	3
	Melepas/tidak rem parkir	2
	<i>Nose gear</i> rusak	4
Jumlah		65

Dari data tersebut sebanyak 18 dari 65 kejadian diakibatkan oleh hilangnya koneksi antara *towbar* dan pesawat atau sekitar 28% [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dampak dari penggunaan *shear pin* pada *towbar* pada saat aktifitas *pushback* pesawat.

METODE PENELITIAN

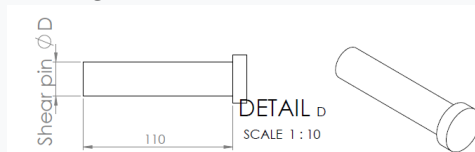
Metode penelitian ini menggunakan metode *finite* elemen analisis dengan menggunakan *static structural*. Beban diberikan pada *towbar* sesuai dengan estimasi pesawat

didorong dan mulai bergerak. Sudut pada *nose landing gear* sebesar 9° . Pesawat sendiri memiliki asumsi beban maksimal sebesar 75 ton [5], roda dan aspal memiliki konstanta *rolling resistance* sebesar 0,4. Dengan data tersebut didapatkan beban yang dapat diterima oleh shear pin maksimal di 300kN. Untuk detail pembebanan seperti gambar dibawah.



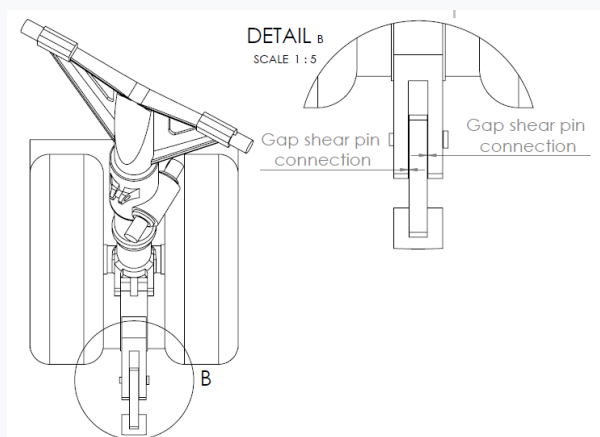
Gambar 1 beban yang bekerja pada *towbar* dan *nose landing gear*

Variabel tidak tetap pada penelitian ini adalah diameter dari *shear pin* dan jarak antara koneksi pada *towbar*. Hipotesa dari penelitian ini semakin besar gap antara koneksi towbar, maka tegangan yang terjadi pada *shear pin* akan semakin besar. Berikut variabel diameter dan gap yang akan dianalisa dengan metode FEM.



D1 (mm)	D2(mm)	D3(mm)
15	20	25

Gambar 2 Variabel diameter *shear pin* pada *towbar*



Clearance Gap 1 (mm)	Clearance Gap 2 (mm)	Clearance Gap 3 (mm)	Clearance Gap 4 (mm)	Clearance Gap 5 (mm)	Clearance Gap 6 (mm)
0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5

Gambar 3 Variabel *clearance gap shear pin* pada *towbar*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel dibawah adalah hasil penelitian *shear pin* pada *towbar* dengan metode elemen hingga. Dari tabel dibawah *shear pin* akan patah saat mencapai titik *ultimate strength* material. Dari penelitian ini material yang digunakan adalah SS400 dimana titik *yield strength* maksimum 240Mpa dan *ultimate strength* adalah 450Mpa. *Shear pin* yang bisa digunakan adalah *shear pin* yang nilai tegangannya dibawah titik *ultimate strength*. Namun material tidak boleh terlalu kuat karena jika ada beban berlebih, hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada *nose landing gear*.

Tabel 2. *Shear stress* dan *Stress von misses shear pin tow bar* diameter 15 mm

<i>Clearance Gap (mm)</i>	<i>Shear Stress (Pa)</i>	<i>Von misses Stress (Pa)</i>
0,25	2,97e+08	5,46e+08
0,5	2,95e+08	5,41e+08
0,75	3,04e+08	5,58e+08
1	3,11e+08	5,70e+08
1,25	3,21e+08	5,89e+08
1,5	3,27e+08	6,01e+08

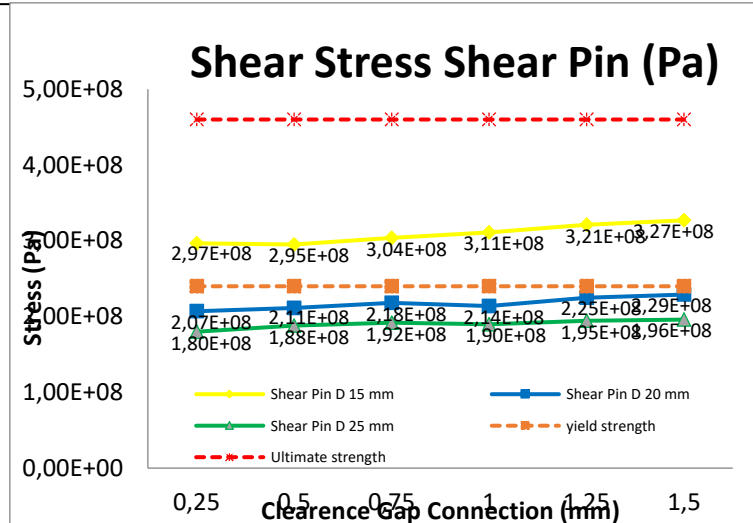
Tabel 3. *Shear stress* dan *Stress von misses shear pin tow bar* diameter 20 mm

<i>Clearance Gap (mm)</i>	<i>Shear Stress (Pa)</i>	<i>Von misses Stress (Pa)</i>
0,25	2,07e+08	3,80e+08
0,5	2,11e+08	3,87e+08
0,75	2,18e+08	4,11e+08
1	2,14e+08	4,05e+08
1,25	2,25e+08	4,22e+08
1,5	2,29e+08	4,35e+08

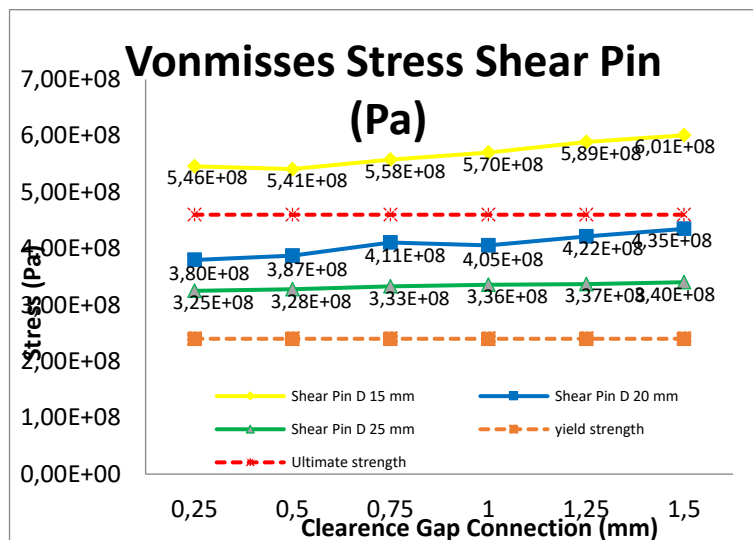
Tabel 4. *Shear stress* dan *Stress von misses shear pin tow bar* diameter 25 mm

<i>Clearance Gap (mm)</i>	<i>Shear Stress (Pa)</i>	<i>Von misses Stress (Pa)</i>
0,25	1,80e+08	3,25e+08
0,5	1,88e+08	3,28e+08
0,75	1,92e+08	3,33e+08
1	1,90e+08	3,36e+08
1,25	1,95e+08	3,37e+08
1,5	1,96e+08	3,40e+08

Dari tabel diatas didapat semakin besar *gap clearance* dari *shear pin*, maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini akan membuat *shear pin* akan lebih mudah patah dari pada *gap clearance* yang lebih kecil. Hal ini sama dengan penelitan yang dilakukan pada penelitian IWF *beam* maupun *castellated beam*. IWF *beam* maupun *castellated beam* dengan panjang elemen lebih pendek memiliki ketahanan terhadap beban lebih tinggi dibandingkan IWF *beam* maupun *castellated beam* dengan panjang elemen lebih panjang [6].

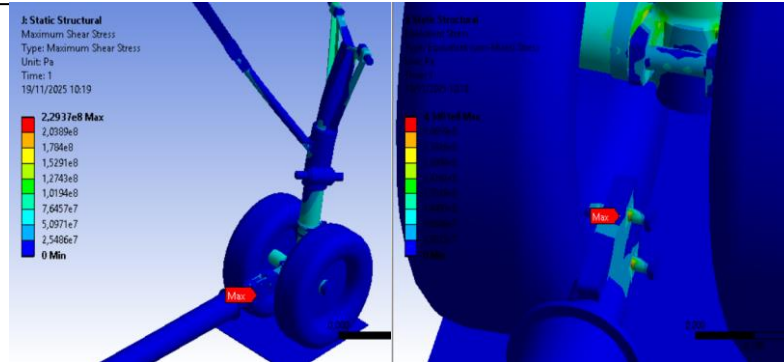


Gambar 4 Grafik *shear stress* pada *Shear Pin*



Gambar 5 Grafik *von misses stress* pada *Shear Pin*

Dari grafik diatas bisa disimpulkan *shear pin* yang aman digunakan adalah *shear pin* diameter 20mm dengan *clearance gap* sebesar 1.5 mm. dimana *shear pin* tidak akan patah jika diberikan beban sesuai dengan beban pesawat dan *shear pin* akan patah jika diberikan beban berlebih. Beban berlebih disini bisa diakibatkan oleh adanya rem parkir yang belum di *release* atau pesawat yang bergerak tidak terkendali.



Gambar 6 Titik maksimum *stress* pada *towbar* dan *nose landing gear*

Dari gambar diatas bisa dilihat titik terlemah dari konstruksi *towbar* adalah pada *shear pin*. *Shear pin* di desain lebih lemah karena jika ada beban berlebih, gaya tidak terdistribusi ke sisi *nose landing gear* pesawat. Karena jika hal ini terjadi maka kerusakan pada *nose landing gear* akan semakin membuat biaya perawatan semakin besar.

SIMPULAN DAN SARAN

Towbar yang digunakan untuk membantu mendorong pesawat harus menyesuaikan dengan berat dan beban pesawat. Karena jika salah penggunaan *towbar* akan dapat mengakibatkan kerusakan pada pesawat. Pada penelitian ini dapat disimpulkan *gap* antara *connector shear pin* pada *towbar* sangat berpengaruh pada tegangan yang didapatkan. Perlu pengecekan secara berkala terkait *gap* antar *connector*, jika ada perubahan yang signifikan terkait dimensi *connector* yang disebabkan oleh gesekan antar plat perlu adanya perbaikan pada sisi *connector*. Dan penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisa *towbar* menggunakan *viscous damping* dengan pemodelan sistem dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Meier, F.K. (2013). *Modeling aircraft pushback trajectories for safe operations*. Conference paper 4. Accessed on November 16, 2025 from https://www.researchgate.net/publication/262347843_Modeling_aircraft_pushback_trajectories_for_safe_operations
- Schiada, Luke. (2006). *Aviation Investigation Final Report Incident Number: NYC06IA207*. Accessed on November 16, 2025 from <https://skybrary.aero/bookshelf/nyc06ia207-b735-nose-landing-gear-collapse-during-towing-newark-nj-21-aug-2006>
- Dieke-Meier, F., Fricke H. (2012). *The need for a collision prevention system for the pushback of aircraft*. In Proc. ICAS 2012. Accessed on November 16, 2025 from https://www.researchgate.net/publication/290565618_The_need_for_a_collision_prevention_system_for_the_pushback_of_aircraft
- Lacagnina M. (2007). *Defusing the ramp*. Flight Safety Foundation. *AeroSafety WORLD Magazine* 2. Accessed on November 16, 2025 from https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/about/initiatives/maintenance_hf/losa/1osa_literature_review_2011.pdf

-
- Hutami P. (2007). *Analisis pengaruh panjang profil terhadap kekuatan hexagonal castellated beam dengan metode elemen hingga*. Accessed on November 16, 2025 from <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/6943>
- Mu M. (2007). *Analysis of effects on the load of nose landing gear by towbarless traction. Conference paper* Accessed on November 16, 2025 from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9368552>