

ANALISIS PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK PADA PENGEMBANGAN AXLE MAIN LANDING GEAR PESAWAT BOEING 737-800 MENGGUNAKAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT

Syukri Ainun Alfath

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: syukrialfath@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Axle maian landing gear merupakan komponen penting pada pesawat udara, karena axle landing gear berfungsi untuk menopang beban pesawat pada saat, parking, taxing, dan landing. Dibutuhkan pengembangan desain *axle landing gear* yang lebih baik karena diketahui bahwasanya masih ada kegagalan pada saat pengoprasian, hal tersebut dikarenakan oleh pembebanan yang terlalu sering pada titik kritis tegangan. Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan dengan cara menambahkan gusset pada titik kritis tegangan yaitu pada titik lengan axle landing gear. Bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi besar sudut gusset terhadap tegangan maximum, distribusi tegangan, dan titik kritis tegangan dengan variasi pengujian axle normal dan axle gusset bersudut 70° . Dilakukan pengujian dengan cara memberikan dua jenis gaya yaitu statis sebesar 31.986, 08 N dan 320.601,035 N untuk dinamis. Simulasi numerik menggunakan metode finite element menggunakan software Autodesk Nastran, dan Solidwork untuk perbandingan sehingga didapatkan data perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan pengembangan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai tegangan von mises turun. Untuk pengujian axle normal didapatkan tegangan sesar 552,5 Mpa untuk statis dan 751,5 Mpa untuk dinamis, serta displacement total untuk statis sebesar 4,43 mm dan 4,71 mm untuk dinamis gusset baik pengujian statis dan dinamis nilai tegangan axle sudut gusset 70° yaitu sebesar 484,4 Mpa untuk pengujian dinamis yaitu sebesar 556,9 Mpa. Selain nilai tegangan hasil simulasi menunjukkan besar displacement atau pergeseran, nilai displacement total terendah berda pada sudut 70° yaitu sebesar 4,09 mm untuk statis dan 4,25 mm untuk dinamis

Kata kunci : FEA, *Axle Landing Gear*, Tegangan von mises, *Displacement*

Abstract

Axle maian landing gear is an important component of aircraft, because axle landing gear serves to support aircraft load during parking, taxing and landing. A better design of axle landing gear is required because it is known that there is still a failure during operation, it is due to overloading of the critical stress point. In this research development is done by adding gusset at critical point of stress that is at the point of arm of axle landing gear. Aiming to know the effect of large variation of gusset angle to the maximum stress, stress distribution, and stress critical point with variation of normal axle test and a gusset axle angle 700. Tested by giving two types of static styles 31,986, 08 N and 320,601,035 N to dynamic. Numerical simulation using finite element method using Autodesk Nastran software, and Solidwork for comparison to get comparison data before and after development. From result of research got that von mises voltage value down. For normal axle testing, a fault stress of 552.5 MPa for static and 751.5 MPa for dynamic, as well as total displacement for statis of 4.43 mm and 4.71 mm for dynamic gusset both static and dynamic nialis axle voltage gusset angle 700 that is equal to 484.4 Mpa for dynamic test that is equal to 556.9 Mpa. In addition to the voltage values of the simulation results show the displacement or displacement, the lowest total displacement value at the 700 angle of 4.09 mm for static and 4.25 mm for dynamic

Keywords: FEA, *Axle Landing Gear*, Von mises Stress, *Displacement*

PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan suatu moda transportasi yang banyak digunakan masyarakat dunia, hal tersebut dikarenakan karena pesawat dianggap lebih cepat dibandingkan mode transportasi lainya saat ini. Persaingan antar perusahaan produsen pesawat pun

semakin ketat dan menjadikan teknologi sebagai keunggulannya, sehingga setiap produsen pesawat menghadirkan pesawat dengan karakter dan kelebihanya masing-masing.

Pesawat terbang komersil secara umum terdiri dari beberapa bagian utama, diantaranya adalah *wing group*,

tail group, body group, landing gear group, dan power plant group. Setiap kelompok mempunyai masing-masing fungsi penting, salah satunya adalah pada bagian landing gear group.

Kebanyakan pesawat komersial yang digunakan untuk mengangkut penumpang didesain dengan sistem pendaratan menggunakan *tricycle landing gear air/oil shock strut*, yaitu satu sistem pendaratan di dengan menggunakan dua landing gear terletak dekat dengan *center of gravity* dari badan pesawat atau disebut main landing gear dan satu landing gear depan sebagai (*nose landing gear*).

Semua komponen pesawat didesain sebaik mungkin keamanan dan kenyamanan si pengguna. Namun semua hasil pendesainan tidak memungkinkan untuk terjadinya kegagalan yang mana berdampak pada kecelakaan pesawat. Pada tanggal 22 Mei 2012, Pesawat terbang Boeing 737-800 PK-GEN milik maskapai Garuda Indonesia diharuskan RTA (Return To Apron) dikarenakan brake nomor 4 jammed. Hal ini dikarenakan inboard hub pada main wheel nomor 4 dengan part number 2612311-1 pecah menjadi tiga bagian sehingga menyebabkan *brake unit P/N 26123121 jammed*. Dan dikutip dari Liputan6.com tepatnya pada tanggal 26 Desember 2016 pesawat milik maskapai Wings Air ATR 72-600 dengan nomor penerbangan IW 1896 dengan registrasi PK WGW rute Bandung-Semarang mengalami "overshoot" atau keluar *runway* pada saat melakukan proses pendaratan di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, berdasarkan hasil pemeriksaan KNKT (Komite Nasional Kecelakaan Transportasi) menemukan pesawat Wings Air yang tergelincir itu mengalami kerusakan berat pada roda sistem mendarat utama sebelah kanan yang ditemukan patah. Selain itu, kerusakan parah juga terjadi pada bagian bawah pesawat dan proveleng sebelah kanan.

Desain dan analisis landing gear yang dilakukan oleh Ayan Dutta Setelah mengevaluasi semua hasil dan tabel dari penelitiannya, sebuah kesimpulan dibuat bahwa satu bahan tidak boleh digunakan untuk setiap komponen karena peran setiap komponen berbeda. Jadi diputuskan bahwa penyangga yang memiliki alokasi tegangan tertinggi harus dibuat dari paduan baja, sesuai dengan hasil tegangan maksimum yang dihasilkan pada paduan baja namun penyangga harus cukup kuat untuk menangani semua beban sehingga untuk baja kekuatan harus digunakan, paduan baja lebih banyak adalah berat tapi untuk kekuatan kita harus kompromi berat dalam hal penyangga.

Rib dan gusset adalah salah satu jenis penguat tulangan pada konstruksi. Rib umumnya terdapat dibidang siku, berfungsi sebagai penguat agar siku lebih kuat dan dapat menerima beban besar. Biasanya digunakan pada konstruksi sayap pesawat.

Penerapan Penambahan Rib dan Gussets Terbaik Pada Printer 3D untuk Intergritas Struktural yang dilakukan oleh Sean Thomas 2016 dilakukan perbandingan penambahan gusset dan tanpa gusset pada lubang bolt dengan menggunakan FEA didapatkan 2712 Psi (18.6N/mm²) untuk lubang bolt tanpa gusset dan 745,1

Psi (5.1 N/mm²) disimpulkan gusset dapat mengurangi tegangan pada lubang bolt. Pada penelitian ini dilakukan penambahan gusset pada lengan kritis *axle landing gear*, dengan bervariasi sudut kemiringan *gusset*.

METODE

Jenis Penelitian

Metode pendekatan yang dilakukan adalah simulasi numerik berbasis metode komputasi. Pengaplikasian simulasi numerik berbasis komputasi dengan bantuan FEA ini digunakan antara lain karena kemampuannya untuk memperoleh parameter-parameter pengujian tanpa melakukan pengujian secara aktual. Simulasi numerik ini membantu untuk mengetahui pola distribusi tegangan yang terjadi pada axle slave normal dan *axle salve* pengembangan serta tegangan maksimum dan pergeseran (*displacement*) dan ditampilkan dalam bentuk kontur-kontur sehingga akan lebih mudah dalam melihat perbedaan axle slave normal dan setelah pengembangan.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

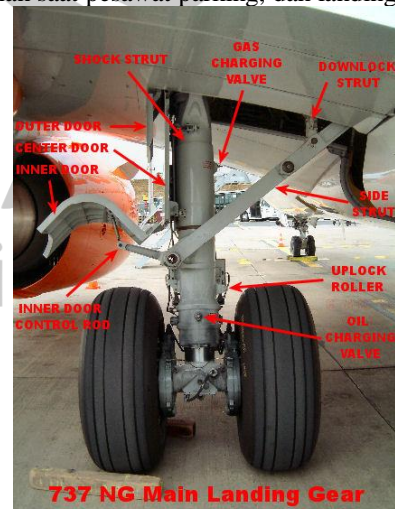
Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, yaitu survey lapangan dilakukan di PT. Merpati Maintenance Facility sebagai salah satu MRO (*Maintenance Repair and Overhole*) yang menangani Pesawat Boeing 737-series yang ada di Surabaya, Berikutnya Proses pengembangan, pembuatan geometri dan simulasi numerik dilakukan di Laboratorium CAD Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

• Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, mulai bulan November 2017 sampai dengan bulan April 2018.

Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Axle sleeve landing gear Boeing 737-800 normal dan yang telah di modifikasi dengan menambahkan gusset. *Axle salve* menerima beban statis dan dinamis dalam pembebanan saat pesawat parking, dan landing.



Gambar 1. Landing Gear Boeing 737

Sumber : <http://www.b737.org.uk/landinggear.htm>

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

• Variabel Bebas

Variabel bebas yang diuji adalah *axle* konsisi normal dan *axle* bersudut.

• Variable terikat

Dalam penelitian ini variabel terikat yaitu distribusi tegangan, tegangan maximum, dan deformasi tegangan axle landing gear pengembangan untuk didapatkan sudut optimal *gusset*.

• Variabel Kontrol

- Jenis Material yang digunakan adalah AISI 4340 dengan propertis material sebagai berikut

Tabel 1. Properties AISI 4340

Properties	Metric	Imperial
Density	7.85 g/cm ³	0.284 lb/in ³
Tensile strength	1172 MPa	170000 psi
Yield strength	1103 MPa	160000 psi
Bulk modulus	159 GPa	23100 ksi
Shear modulus	78.0 GPa	11300 ksi
Elastic modulus	200 GPa	200 GPa
Poisson's ratio	0.29	0.29
Elongation at break	16 %	16 %
Thermal expansion co-efficient	44.5 W/m-K	309 BTU-in/hr-ft ² -°F

- Jenis *axle sleeve* yang digunakan adalah milik Boeing 737-800
- Jenis Pembebanan dengan pembebanan setatis dan dinamis
- Pembebanan statis didapatkan ketika pesawat posis parking, didapatkan dari persamaan berikut (Wahyu KD 2011)

$$f = \frac{(m \cdot a)c}{2}$$

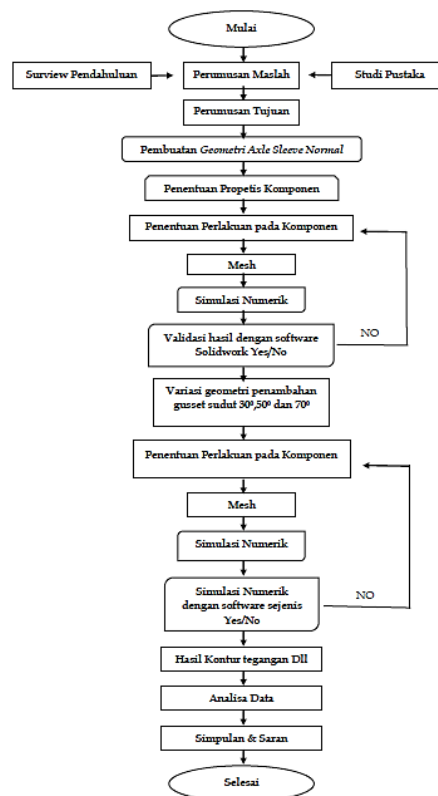
f : besar gaya yang diterima axle
m : berat pesawat posis di darat atau MTOW yaitu (70.760 kg)
a : percepatan gravitasi
c : Faktor koreksi nose landing gear sebesar 0,92
 Dari perhitungan didapatkan 31.986, 08 N
 Pada pembebanan dinamis yang disimulasikan adalah pada saat pesawat posisi landing dengan perhitung persamaan sebagai berikut

$$f = \frac{c W}{\eta S \cos \alpha} \left(\frac{Vs^2}{g} + s \cos \alpha \right)$$

f : Besar gaya akibat beban kejut (N)
c : koefisien roda pendaratan
W : besar berat pesawat (MLW) (N)
Vs : kecepatan pesawat saat vertical (m/s)
 η : koefisien penyerapan oleh shock absorber
g : gravitasi (m/s²)
s : panjang maksimal struk shock absorber (m)
 α : besar sudut pesawat saat mendarat
 dengan permisalan menggunakan *c* : 0,5 *two wheel landing condition* , *g* : 9,8 m/s², *W* : 640.106 kg, *Vs* : 1,5 m/s, η : 0,825, α : 3⁰ *S* : 0,36 m maka nilai

beban kejut pesawat 641.202,071 N hasil perhitungan dibagi 2 karena menggunakan 2 landing gear jadi gaya yang didapat sebesar 320.601,035 N

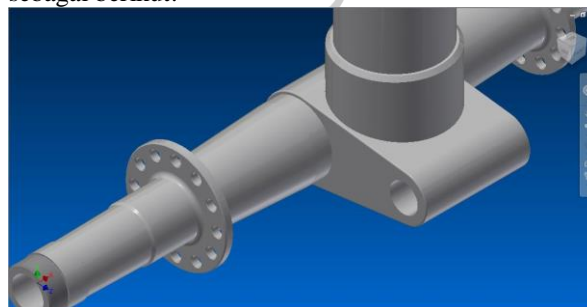
Rencana Penelitian



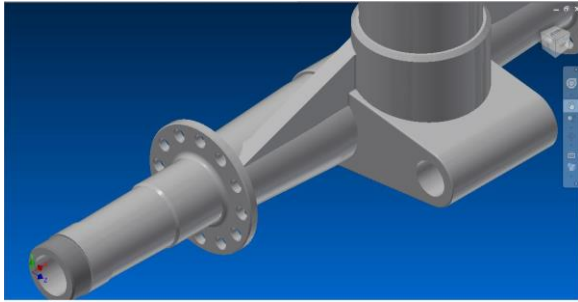
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

- Instrumen Penelitian
 - Instrumen penelitian ini menggunakan *software* FEA Autodesk Nastran in-CAD 2016
- Tahap Pengumpulan Data
 - Tahap *Preprocessing*
 Langkah pertama dalam memulai proses simulasi adalah membuat sebuah model geometri *axle main landing gear* melalui *software* Autodesk Inventor 2016. Model tersebut adalah berupa *axle slave dengankeadan normal dan modifikasi* dengan penambahan *gusset* dengan sudut kemiringan 30⁰, 50⁰, dan 70⁰. Hasil model geometri dari *axle slave* adalah sebagai berikut:

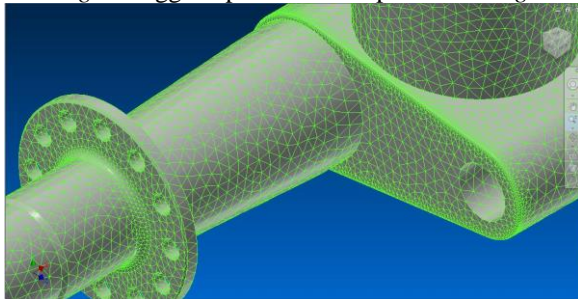


Gambar 3. axle normal



Gambar 6. axle 70°

Selanjutnya hasil dari model dilakukan proses *meshing* sehingga dapat dilakukan proses *solving*.

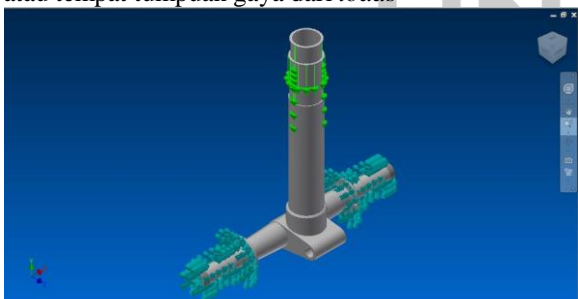


Gambar 6. Mesh Tetrahedral dan Mesh Hexahedral

Setelah melakukan tahapan *meshing*, selanjutnya adalah menentukan kondisi batas. Kondisi batas *mass flow inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran dan besaran skalar lainnya pada sisi masuk aliran dan hanya digunakan untuk aliran inkompresibel (Tuakia, 2008). Berikut adalah kondisi batas yang ditetapkan:

- *Apply Loads and Constraints*

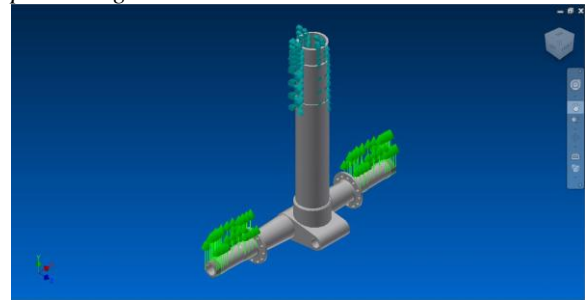
Tahapan selanjutnya setelah geometri diberikan *meshing* yaitu pemberian *loads and constraints*. *Loads and constraints* adalah jenis perlakuan yang diberikan kepada geometri komponen. *Loads* adalah pembebanan dengan cara memberikan gaya dalam satuan Newton dengan arah vektor x,y, dan z. Sementara *constraint* adalah berfungsi sebagai *boundary* atau pembatasan deformasi yang terjadi, selain sebagai pembatas *constraint* digunakan sebagai *fix* atau tempat tumpuan gaya dari *loads*



Gambar 6. Load dan Constraints beban statis

Pada tahapan ini, semua yang sudah dilakukan ditahap sebelumnya akan dilakukan perhitungan (iterasi). Pada tahap iterasi, diharapkan tercapai hasil yang konvergen dikarenakan jika tidak mencapai konvergensi maka harus mengulangi tahapan ke pembuatan *mesh* dengan memperbaiki *mesh*. Namun jika hasil yang didapat adalah konvergen, maka dapat

melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap *post-processing*.



Gambar 7. Load dan Constraints beban dinamis

- *Post-Processing*

Pada tahap *post-processing* hasil dari perhitungan (iterasi) yang telah dilakukan di tahap *processing* ditampilkan berupa data kualitatif maupun data kuantitatif. Data kualitatif yang ditampilkan antara lain *Von misses stress Contour*, *Displacement*.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *deskriptif* yaitu dengan mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai realita yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah di fahami pembaca.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grid Independence

Ukuran *mesh* pada suatu objek akan mempengaruhi ketelitian hasil yang akan diperoleh. Semakin kecil dan halus ukuran *mesh* maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti namun membutuhkan kemampuan komputasi dan waktu perhitungan yang lebih lama, sehingga perlu dilakukan pengaturan *mesh* agar mendapatkan ukuran *mesh* yang kecil dan disesuaikan dengan kemampuan perangkat komputer yang digunakan. Berikut hasil *mesh* yang digunakan dalam penelitian ini:

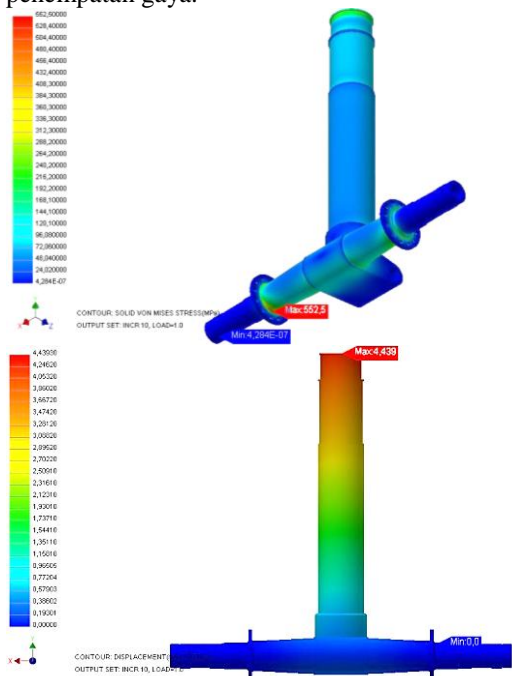
Tabel 2. Hasil *Grid Independence*

Ukuran Element	Jumlah Mash El	Tegangan (MPa)	Meshing Error %
5	248607	523	0.12
10	145681	524	0.18
15	55743	520	0.25
25	31798	444	0.31
35	22644	420	0.40
45	20106	433	0.41
55	19171	436	0.41
65	18329	414	0.43

Pada masing-masing variasi *mesh* mendapatkan hasil yang mirip berada pada angka 10 dan 5 dimana hasil tegangan yang didapat cenderung sama dengan nilai *mesh error* yang cukup kecil yaitu dibawah 0,20. Dengan cara membandingkan nilai tegangan, *mesh error*, kemampuan komputasi serta waktu perhitungan sehingga dipilihlah *meshing* dengan ukuran elemen 10 yang sesuai dengan daya komputasi.

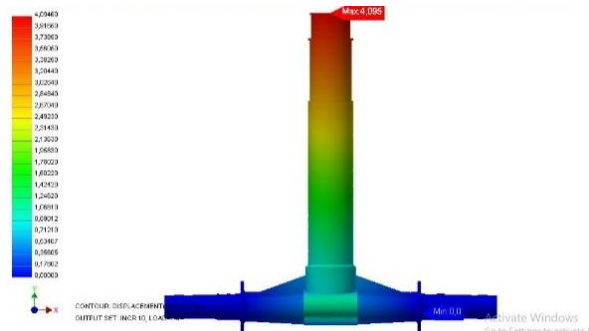
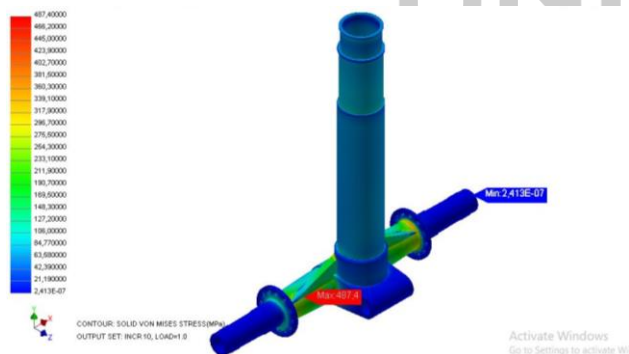
Hasil Kontur Tegangan dan Pergeseran pengujian statis

Kontur tegangan dan pergeseran ditampilkan pada gambar 8 dari hasil simulasi dapat kita lihat degradasi warna hijau kekuningan dengan merah pada ujungnya pada bagian dalam *flangebolt* tempat tegangan max yaitu sebesar 552,5 Mpa Pergeseran yang didapat pada pengujian terletak pada ujung atas hidrolik sebesar 4,43 mm hal ini terjadi karena tempat tersebut adalah lokasi penempatan gaya.



Gambar 8. Kontur Axle Normal

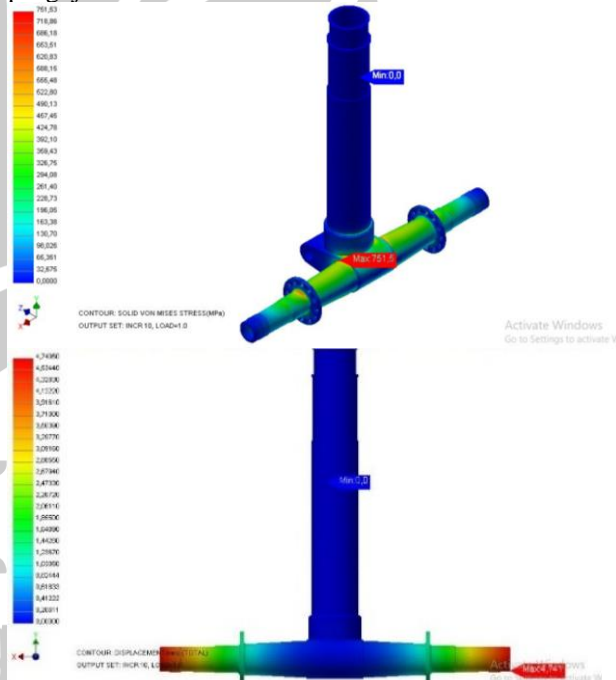
Kontur tegangan Von Mises dan Displacement dapat kita lihat gambar 12, didapatkan nilai 487,4 Mpa, karena nilai tegangan yang masih jauh dibawah titik luluhnya yang sebesar 1103 Mpa maka hasil pengembangan dengan menambahkan gusset dinyatakan aman. Displacement sebesar 4,09 pada lokasi yang sama dengan pengujian sebelumnya terletak pada ujung atas hidrolik.



Gambar 11. Kontur axle 70°

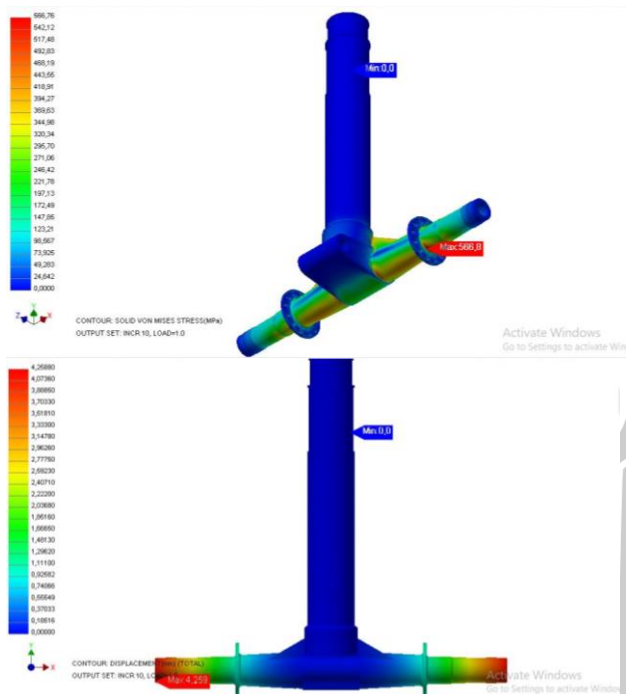
Hasil Kontur Tegangan dan Pergeseran pengujian dinamis

Kontur tegangan Von mises dan pergeseran ditampilkan pada gambar 12 dari hasil simulasi tegangan max yaitu sebesar 751,5 Mpa Pergeseran yang didapat pada pengujian terletak pada ujung atas hidrolik sebesar 4,74 mm berbeda dengan hasil pengujian dinamik letak tegangan berada pada lengan siku axle sehingga, dan letak pergeseran berada pada sisi axle bagian roda landing gear hal ini terjadi karena tempat tersebut adalah lokasi penempatan gaya pada pengujian dinamis.



Gambar 12. Kontur axle normal

Kontur tegangan Von Misses dan Displacement dapat kita lihat degradasi warna pada axle 70° dimana warna hijau cukup banyak mewarna sisi axle namun masih ada warna orane pada bagian bawah dari simulasi didapatkan tegangan maxi pada bagian sisi datar gusset sebesar 556,9 Mpa. Displacement pada axle sudut 70° yaitu sebesar 4,25mm terletak pada ujung atas hidrolik.



Gambar 15. kontur axle 70⁰

Hasil Performa Ghuset

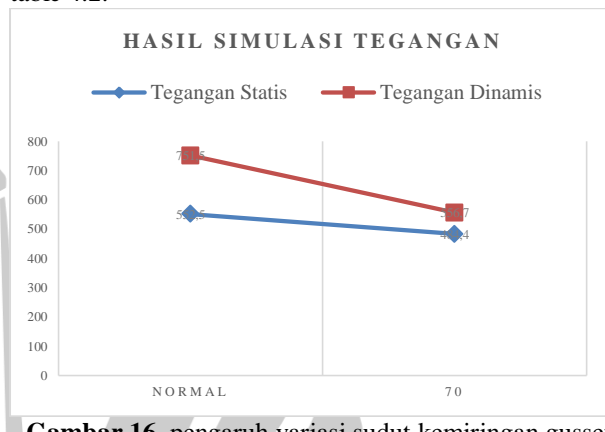
Hasil simulasi pembebanan statis dan dinamis axle main landing gear telah ditunjukkan pada gambar samapi 4.18 yang nmana menunjukkan nilai tegangan displacement serta kountur warna yang memprsentasikanya. Untuk menjukan performa ghuset atau besar pengaruh ghuset terhadap nilai teganga dutunjukkan pada grafik dan table berikut

Tabel 3. Tegangan Hasil Pengujian

Perlakuan	Tegangan Statik(Mpa)	Tegangan Dinamis(Mpa)
Normal	552.5	751.5
70 ⁰	484.4	556,7

Berdasarkan table diatas dapat dilihat tegangan awal axle normal sebesar 552,5 Mpa pada pengujian statis dan 751,5 Mpa pada pengujian dinamis, Distribusi tegangan pada masing-masing pembebanan terhadap tingkatan sudut ghuset memiliki pola yang sama yaitu cenderung menurun. Dari pengujian tegangan masih berada dibawah yield strenght material yang sebesar 1103 Mpa. Pada kondisi normal didapatkan tegangan sebesar 552,5 Mpa, kondisi dan untuk ghuset 70⁰ sebesar 487,4 Mpa. Letak tegangan maximum pada kondisi axle normal berada pada sisi dalam flangebolt, hal tersebut terjadi karena flangebolt adalah titik terdekat dengan tumpuan beban yaitu roda dan titik tersebut adalah titik dimana dimensi geometri terkecil yang tidak digunakan sebagai tumpuan, sehingga ketika mendapatkan beban pada bagian hidrolik dan mengarah ke sumbu -Y didapatkan tegangan maximum pada titik tersebut. hal ini dikarenakan dimensi ghuset pada axle tersebut belum dapat mendistribusikan tegangan secara merata. Hal berbeda terjadi pada hasil simulasi axle ghuset bersudut 70⁰ yaitu diamana letak tegangan berada pada sisi bawah sisi datar

ghuset yaitu sebesar 487,4 Mpa, dimensi geometri dan sudut kemiringan yang lebih besar adalah factor penyebab terjadinya perpindahan dan pengurangan nilai tegangan. Artinya pengaruh guset yang paling besar terjadi pada axle ghuset bersudut 70⁰ yang mana mampu mendistribusikan tegangan dari titik kritis menuju ghuset yang berfungsi sebagai pengurang tegangan. Penurunan hasil simulasi tegangan statis ditunjukkan pada grafik dan table 4.2.



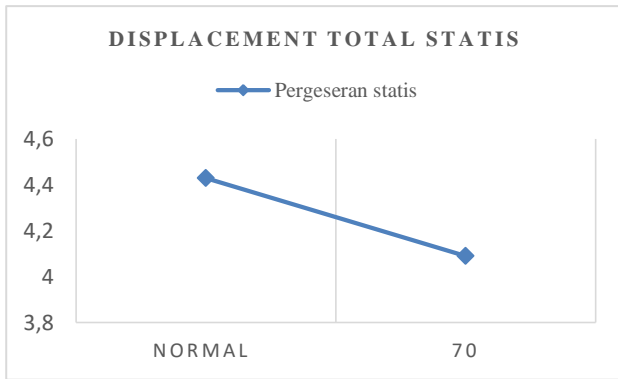
Gambar 16. pengaruh variasi sudut kemiringan guset Penuruna nilai tegangan terjadi karena ada penamabahan ghuset pada titik kritis tegangan. Sama halnya dengan simulasi axle sudut 70⁰ diaman nilai tegangan turun angka menjadi 556.7 Mpa. Menurunnya nilai tegangan diakibatkan oleh bentuk dan geometri ghuset sudut kemiringan yang lebih besar dan mampu menerima beban dari arah y. letak tegangan ghuset 70⁰ berada pada atas sisi bawah dari flangebolt hal tersebut menunjukkan sudut dan dimensi geometri yang besar mempengaruhi letak dan besar tegangan.

Displacement total adalah niali akumulasi dari displacement 3 sumbu x,y dan z. Pada pengujian data yang dihasilkan niali tegangan serta displacement total sebagai petuntuk nilai pergeseran total dan tinjukan dalam benduk degradasi warna seperti pada gambar diatas, selain nilai tegangan untuk menunjukkan performa atau besar pengaruh sudut kemiringan guset terhadap tegangan von mises besar nilai displacement juga dapat digunakan seperti pada table berikut

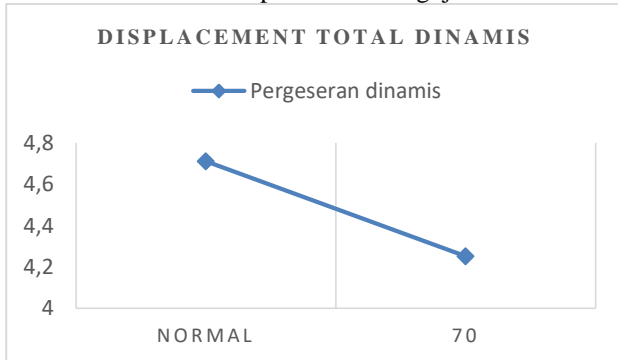
Tabel 4. Hasil Displacement Total

Perlakuan	Pergeseran statis (mm)	Pergeseran dinamis(mm)
Normal	4.43	4.71
70 ⁰	4.09	4.25

Berdasarkan table diatas besar displacement menurun pada tiap kenaikan besar sudut guset dari komdisi normal sebesar 4,43 mm untuk statis dan 4,71 mm untuk dinamis nilai terus menurun hingga didapatkan nilai displacement terendah pada axle guset 70⁰ yaitu sebesar 4,09 mm untuk statis dan 4,25 untuk dinamis. Pengaruh besar sudut kemiringan guset terhadap besar displacement dapat dilihat pada grafik berikut



Gambar 17. Displacement Pengujian Statis



Gambar 18. Displacement Pengujian Dinamis

Dari grafik diatas kita dapat lihat nilai *displacement axle* normal dan turun pada sudut 70^0 hal tersebut terjadi karena pada 70^0 geometri gusset cukup mampu menopang pembebanan.

Pengujian validasi dilakukan membanding hasil pengujian dari kedua perangkat Autodesk Nastran dan Solid Work, namun diberikan perlakuan yang sama dari inputannya. Pembebanan yang diberikan adalah pembebanan statis dan menggunakan axle landing gear normal. Dari hasil pengujian menggunakan Solidwork dengan pembebanan statis dengan beban 31.986, 08 N didapatkan data tegangan sebesar 561 Mpa selisih cukup sedikit dengan pengujian menggunakan Nastran yaitu sebesar 552,5 Mpa.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Dari hasil penelitian simulasi pembebanan axle main landing gear diperoleh hasil sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh penambahan penguat gusset terhadap nilai tegangan von mises pada pembebanan statis terbaik adalah sudut 70^0 dimana nilainya 444,9 Mpa dan pada pengujian dinamis nilai tegangan ghuset terbaik adalah sudut 70^0 yaitu dari axle normal 752,5 Mpa menjadi 556.7Mpa. Jadi sudut terbaik gusset adalah sudut 70^0 dan besar tegangan masih dibawah *yield strenght* 1103 Mpa material atau masih dibawah batas aman luluh.
- Nilai displacement total tertinggi terjadi pada axle main landing gear normal sebesar 4,38 mm pada pengujian statis dan 4,71 mm pada pengujian dinamis, dan nilai displacement total terendah terjadipada

geometri axle bersudut 70^0 yaitu sebesar 4,04 untuk pembebanan statis dan 4.25 untuk pengujian dinamis.

- Letak tegangan yang terjadi pada pengujian statis adalah berada pada bagian dalam flangebolt yaitu sebesar 547,2 Mpa dan letak tegangan pengujian dinamis berada pada lengansiku axle yaitu sebesar 751,5 Mpa. Sementara letak tegangan statis axle ghuset 70^0 berada disisidatar bawah ghuset seperti gambar 4.8 dan untuk pengujian dinamis pada ghuset 70^0 berada pada sisi bawah flangebolt.

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian diatas, maka penulis merekomendasikan beberapa saran sebagai berikut:

- Agar didapatkan hasil perhitungan numerik yang lebih akurat dan teliti supaya dilakukan dengan menggunakan perangkat komputer yang memiliki kemampuan lebih tinggi pada penelitian berikutnya.
- Pada penelitian selanjutnya diharapkan variable penelitian lebihbanyak sehingga dihasilkan lebih baik karena variable sudut kemiringan ghuset yang digunakan semakin banyak.
- Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan kerapatan meshing yang lebihbanyak supaya nilai error pada meshing lebih sedikit serta hasil lebih akurat.
- Perlu dilakukan penelitian experiment lebih lanjut untuk mengetahui nilai yang tepat terhadap pengaruh penambahan ghuset terhadap axle main landing gear.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayan D. 2017 Design And Analysis Of Nose Landing Gear Volume 03 No 10 Halaman 3-5
- Bhetta A. S. 2010. *Analisis Kegagalan Roda Pendarat Utama Pesawat Terbang BOEING 737-400 GARUDA INDONESIA PK-GZN*. Tugas Akhir ITB
- Boeing Company. Merpati Maintenance Facility. Overhaul Manual Boeing AMM-B- 737/-300-400-500 The Boing Company .
- Chai, Sony T., Masson William H.,1991, Landing Gear in Aircraft Conceptual Design Multidisciplinary Analysis and Design Center for Advanced Vehicles. Virginia Polytechnic Institute and State University of Blacksburg, Virginia 24061-0203
- Dewangga,W. K. 2011. *Analisis Pembebanan Dan Tegangan Poros Roda Pendarat Utama Pesawat B737-400*. Tugas Akhir ITB
- Dieter, George E. Bacon, David Mechanical Metalurgy. McGraw-Hill Book Company. London 1988
- Divakaran.V.N,dkk;2017. Aircraft Landing Gear Design & Development volume 3. No 3. Halaman 3-4

Gere, Timoshenko;2000 Perancangan Konstruksi Baja :
Erlangga Jakarta

Indrakto, Rifky.2007 analisis dengan menggunakan
metode elemen hingga :Erlangga. Jakarta.

Jhon Boumont . 2016 Plastic Part Design To Use Ribs
And Gusset Or Not To Use Ribs And Gusset.
American injection molding institute. USA

Juvina, Robert C. Engineering Consideration of Stress,
Strain, and Strength. Mc Graw-Hill Book
Company. New York

Katili, Irwan. 2008 Aplikasi metode elemen hingga pada
pelat lentur. Direktorat Jenderal Pendidikan
Tinggi Depdiknas. Jakarta

Pointer, 2004. FEA Basic Simulation User : Academic
press. Kanada

Robby S. K. 2013 Analisa Distribusi Tegangan Pada
Modifikasi Axle Sleeve Landing Gear Pesawat
Terbang Dengan Metode Elemen Hingga.
Volume 2. No 1. Halaman 3-4

Rinaldi M. A. 2014 Desain Dan Analisa Perhitungan
Roda Pendaratan Pesawat Tanpa Awak Volume
1. No 2. Halaman 5-6

Sean Thomash, 2016. Best Practices For Adding Ribs
And Gussets To 3d Printed Parts For Structural
Integrity. Volume 1. No 2. Halaman 3-4

Shah, 2002. Mesh Discretization Error and Criteria for
Accuracy of Finite Element Solutions Volume 1
No 1 halaman 6-7

Shigley, Joseph E;2004 *Standard Handbook of Machine
Design, 3rd Edition* : McGraw-Hill Education,
UK

Shivam, C. (2015). "Fem Analysis of Landing Gear
Strut". *International Journal of Aerospace and
Mechanical Engineering (IJAME)* Volume 2 –
No 1

Steven. J. Owen, (2011) Scott A. Canaam, Sunil Saigal. "
*Pyramid Element for Maintaining Tetrahedra to
hexahedra conformability*" Canonnburg USA

Susatio, Yerri. 2004. Dasar – *Dasar Metode Element
Hingga*. Andi : Yogyakarta.