

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR LANDING SKID AKIBAT IMPACT SAAT LANDING DENGAN VARIASI BEBAN PADA HELIKOPTER SYNERGY N9

Moch Ajie Dendy¹, H. Abu Bakar, MSAE²
*Program Studi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung*

ABSTRAKSI

Landing skid adalah struktur yang mendukung sebuah helikopter untuk mendarat. Kekuatan struktur dan berat landing skid menjadi faktor penting bagi sebuah helikopter karena landing skid komponen pertama yang mendapatkan beban akibat impact saat vertical autorotation. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mempelajari dampak pada bagian cross member landing skid apabila helikopter sedang melakukan terbang melayang dan tiba-tiba mesinnya mati sehingga helikopter harus melakukan pendaratan secara vertikal dengan mengabaikan komponen yang lain ketika menyentuh tanah. Proses pemodelan landing skid menggunakan CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) serta dianalisis menggunakan software MSC Patran, Nastran tanpa melakukan pengujian lapangan.

PENDAHULUAN

Kegagalan dalam sebuah desain konstruksi merupakan sebuah hal yang penting untuk diantisipasi. Secara umum suatu desain konstruksi dirancang untuk mampu bertahan selama sekian waktu dengan berbagai macam batasan prosedur penggunaan dan perawatannya.

Setiap jenis helikopter membutuhkan landing skid yang sesuai dengan sistem struktur tertentu yang dapat melengkapi keunikan karakteristik dari masing-masing helikopter tersebut. Komponen landing skid helikopter merupakan bagian kritis dan

TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui distribusi tegangan pada seluruh

membutuhkan ketahanan kerja yang baik untuk menjaga safety dari helikopter.

Pada kasus ini, landing skid perlu di studi untuk memperoleh pemahaman yang cukup tentang distribusi tegangan serta deformasi pada bagian cross member landing skid helikopter Synergy N9. Dalam kaitannya dengan pemahaman terhadap perangkat lunak Finite Element Method, MSC Patran Nastran digunakan untuk menganalisa kekuatan struktur landing skid akibat impact saat landing dengan variasi beban pada helikopter Synergy N9.

bagian cross member landing skid helikopter Synergy N9 saat terjadi impact, mengetahui hasil deformasi yang terjadi akibat

pembebanan pada penampang cross member landing skid, mengetahui besar dan letak tegangan maksimum yang terjadi pada cross member landing skid helikopter Synergy N9, mengetahui software Patran Nastran dalam kapasitasnya sebagai perangkat analisis kekuatan struktur.

LANDASAN TEORI

Untuk kekuatan struktur, terlebih dahulu harus mempelajari teori-teori dasar tegangan regangan dan material tersebut.

1. Tegangan dan Regangan

Tegangan adalah Jika sebuah benda elastis ditarik oleh suatu gaya, benda tersebut akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu sebanding dengan gaya tersebut, yang berarti ada sejumlah gaya yang bekerja pada setiap satuan panjang benda. Gaya yang bekerja sebanding dengan panjang benda dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (stress).

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana: σ = Tegangan N/m²
 F= Gaya (N)
 A=Luaspenampang (m2)

Regangan adalah perubahan bentuk yang terjadi jika dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah diberikan pada masing-masing bidang ujung benda dengan arah menjauhi benda, sehingga benda bertambah panjang.

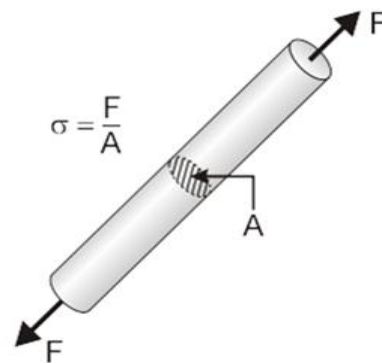
$$\text{Regangan} = \frac{\text{Pertambahan panjang}}{\text{Panjang Awal}}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana : ΔL = perubahan panjang
 L₀ = panjang awal

2. Tegangan Tarik Dan Tekan

Tegangan tarik adalah tegangan dari peregangan suatu objek akibat ditariknya kedua ujung benda tersebut yang dikerjakan dalam arah yang berlawanan sepanjang garis lurus yang sama.



Gambar 1 Tegangan Tarik

Tegangan tekan didefinisikan sebagai compression, tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya (F) searah dan terletak dalam satu garis gaya.



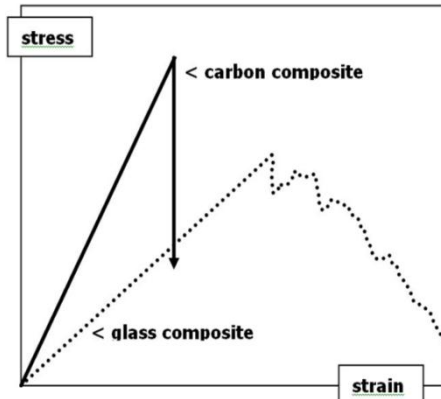
Gambar 2 Tegangan Tarik

3. Hubungan Tegangan dan Regangan

Hukum Hooke menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang linear atau proporsional antara tegangan dan regangan suatu material.

$$\sigma = E.\epsilon$$

Dimana hubungan antara keduanya ditentukan berdasarkan nilai modulus Elastisitas / modulus young (E) dari masing masing material.



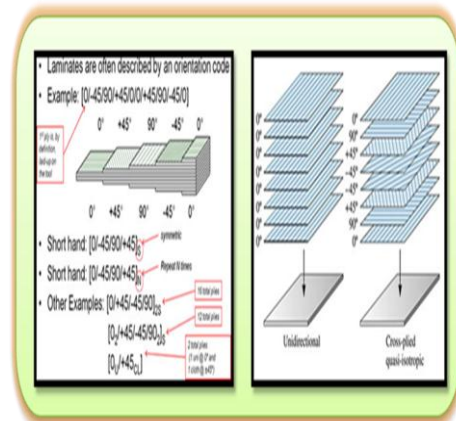
Gambar 3 Kurva Tegangan Regangan Carbon Composite

4. Quasi Isotropic

Quasi isotropic sering digunakan dalam dunia material komposit dan struktur desain. Pada proses pengecoran pada bagian tertentu terjadi orientasi, tetapi pada dasarnya sifat utama yaitu modulus young, kekuatan tarik, kekuatan kompresi tetap berdiri sendiri pada saat pengujian. Oleh karena itu, istilah quasi-isotropik adalah istilah yang digunakan untuk material komposit yang seratnya diperkuat dengan cara menyusun orientasi dan laminasi tumpukan sedemikian rupa sehingga bahan yang dihasilkan berperilaku seperti bahan isotropik. Dengan kata lain, sifat fisik yang dimiliki oleh material dalam segala arah pada dasarnya sama dalam kekakuan dan kekuatan material.

Adapun aturan lain mengenai quasi-isotropik selain hanya memilih sudut orientasi, diantaranya :

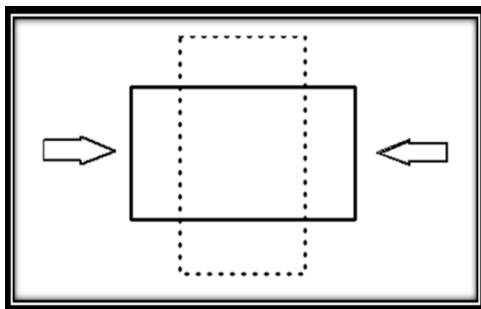
- a. Aturan yang pertama adalah bahwa kombinasi lapisan harus seimbang, dimana untuk setiap sudut +0 di atas laminasi mid-plane, harus ada sudut -0 di bawah laminasi mid-plane.
- b. Aturan kedua berkaitan dengan simetri dari masing-masing orientasi laminasi, dimana untuk setiap lapisan atas dari laminasi mid-plane, harus ada lapisan yang sama persis terletak di bawah mid plane dan selanjutnya, masing-masing lapisan harus memiliki:
 - 1) Fraksi volume serat-resin yang sama
 - 2) Ketebalan lapisan yang sama
 - 3) Jenis serat yang sama dan geometri
 - 4) Lokasinya memiliki jarak yang sama dari mid-plane



Gambar 4 Laminate Stacking dan Composite Layup Nomenclature.

5. Poisson Rasio

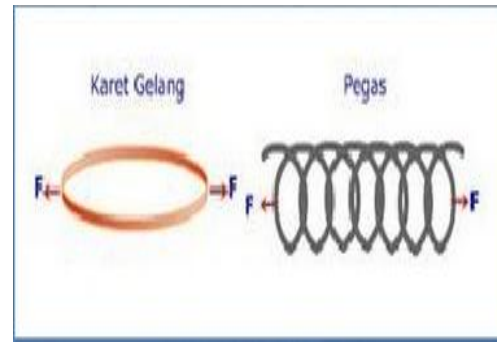
Poisson rasio (ν) adalah perbandingan antara regangan horizontal (lateral strain) dan regangan vertikal (axial strain) yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial. Jadi, poisson rasio adalah nilai perbandingan antara regangan horizontal dan regangan vertikal. Untuk material yang paling umum poisson rasionya adalah di kisaran 0 - 0,5.



Gambar 5 poisson rasio

6. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas sering disebut sebagai Modulus Young yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Jadi, semakin besar nilai modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku.



Gambar 6 Modulus Elastisitas Pada Karet Gelang dan Besi Pegas

Vertical autorotation adalah proses bergerak turun helikopter secara vertikal untuk mendarat. Pada prinsipnya, helikopter sedang melakukan terbang melayang dan tiba-tiba mengalami kegagalan mesin. Ketika helikopter turun pilot hanya bisa mengatur collective pitch untuk menyeimbangkan kecepatan turun, sehingga helikopter tidak mengalami hard landing saat menyentuh tanah.

$$R/D = \sqrt{\frac{DL}{\frac{\rho}{2} \cdot C_d}}$$

Dimana : $D.L = Disc Loading = \frac{W}{A}$

$\rho = Density\ air$

$C_D = Coefisien\ Drag$

$R/D = Rate\ of\ Descent$

8. Weight Impact

Gaya tarik bumi pada suatu benda disebut dengan berat benda. Berat benda ini didefinisikan sebagai perkalian antara massa benda dengan percepatan gravitasi. Dari pengukuran diketahui bahwa untuk tempat-tempat yang relatif rendah dari permukaan bumi, besar percepatan gravitasi relatif

konstan. Percepatan gravitasi adalah konstan yaitu $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

$$\text{Weight impact} = n \cdot m \cdot g$$

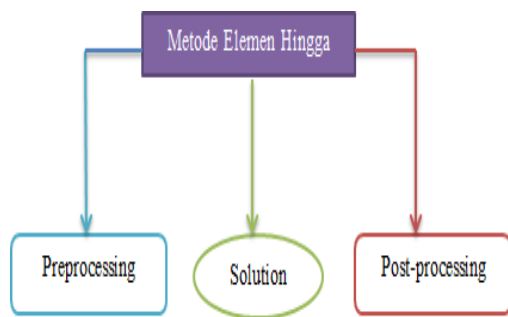
Dimana : $n = \text{Load factor (g)}$

$m = \text{Massa helikopter (kg)}$

$g = \text{gravitasi (m/s}^2\text{)}$

9. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga/Finite Element Method (FEM) adalah prosedur numerik untuk memperoleh solusi permasalahan yang ditemukan dalam analisa teknik. Metode elemen hingga mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau nonlinier.



Gambar 7 Flow Chart Penyusunan skripsi

Dalam tahap ini terdapat beberapa langkah untuk menuju ke tahap solution, yaitu :

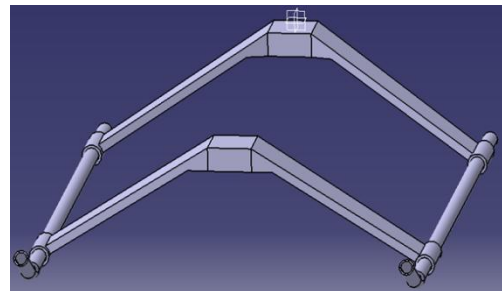
- a. Import geometri yang telah di buat pada software catia.
- b. Melakukan pemilihan jenis meshing pada model.
- c. Memberikan jenis material pada model.
- d. Memberikan tumpuan pada model.
- e. Memberikan pembebanan.

Analisis Menggunakan Patran Nastran

MSC Patran Nastran adalah sebuah perangkat lunak komputer yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh National Aero Nautics And Space Administration (NASA). Finite element untuk analisis tegangan (stress), getaran (vibration) dan perpindahan panas (heat transfer) dari struktur dan komponen mekanik.

Ada beberapa tahapan untuk menganalisis struktur pada software patran nastran, yaitu :

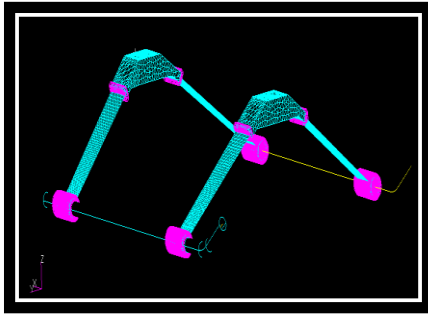
1. Membuat geometri *landing skid* pada software catia



Gambar 8 Landing Skid Helikopter

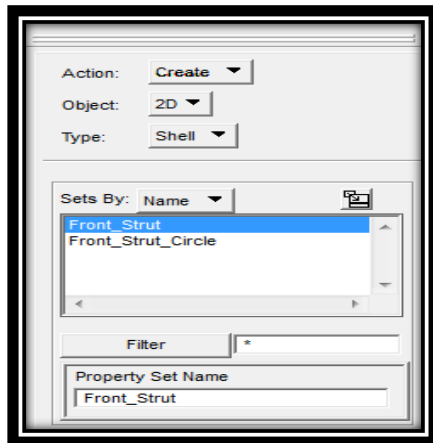
Synergy N9

2. Melakukan *import* model dari Catia ke Patran kemudian dilanjutkan dengan *meshing* pada model *geometry* dan dilakukan proses *equivalence* serta optimasi dari proses *meshing*.



Gambar 9 Meshing pada Model Geometry Landing Skid

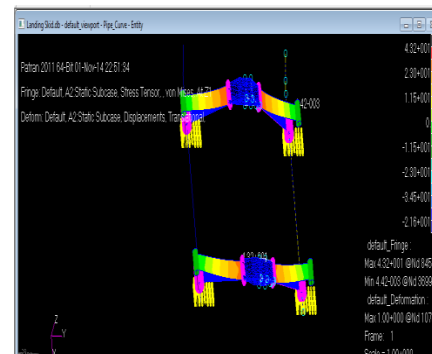
3. Mendefinisikan *element properties* yaitu untuk bahan (material) dan bentuk-bentuk konstruksi yang terdapat pada model seperti *beam*, *surface (plate)* dan *solid*.



Gambar 10 Element Properties

4. Mendefinisikan beban dan kondisi batas pada model seperti dimana pada proses operasi *autorotation* dilakukan.
5. Melakukan proses *pre-analysis* dari program Msc Patran dengan format output (*op2*) yang berupa file *bdf*.
6. Setelah proses *running* dari program Msc Nastran, maka

model akan di baca hasil analisisnya melalui program Msc Patran dari file (*.op2*). *Post processing* menampilkan hasil akhir analisis oleh modul analisis dengan menampilkan data *displacements* dan tegangan pada posisi bagian yang terdiskritisasi pada model geometri. *Post-processor* menampilkan grafis dengan kontur warna yang menggambarkan tingkatan tegangan yang terjadi pada model geometri.



Gambar 11 Hasil Analisis

ANALISIS STRUKTUR DAN STUDI KASUS

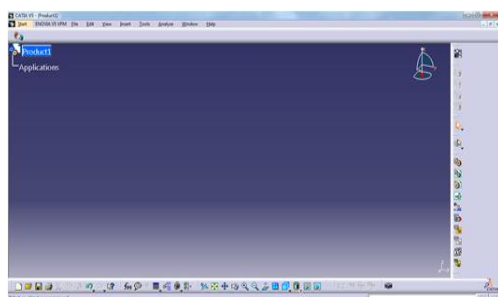
1. Catia

Program CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) merupakan program komputer yang dibuat dengan mendasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Program CATIA yang mempunyai kemampuan lebih luas membuka wawasan

baru bagi peneliti untuk menyelesaikan permasalahan lebih cepat.

Software CATIA menyediakan solusi terpadu untuk menyederhanakan dan memudahkan proses desain dan analisis sebuah struktur. Kelebihan software CATIA, yaitu :

- CATIA untuk desain (gambar geometri).
- CATIA untuk pembuatan model elemen hingga.
- CATIA untuk perhitungan berbasis metode elemen hingga.
- CATIA untuk menampilkan hasil dan analisa detail dari perhitungan.



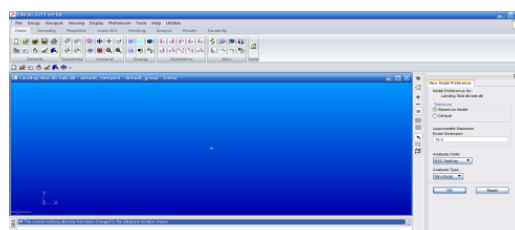
Gambar 12 Tampilan Catia

2. Patran Nastran

MSC *Patran Nastran* adalah sebuah perangkat lunak komputer yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh *National Aero Nautics And Space Administration (NASA)*. *Finite element* untuk analisis tegangan (*stress*), getaran (*vibration*) dan perpindahan panas (*heat transfer*) dari struktur dan komponen mekanik.

MSCNastrandapat digunakan untuk:

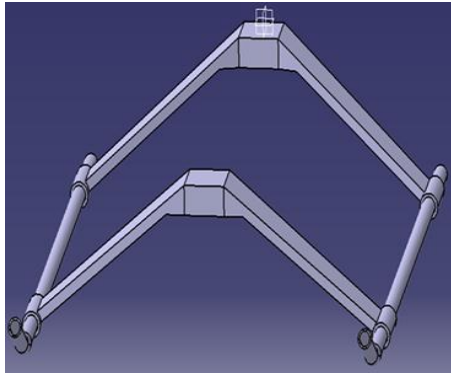
- Menganalisis prototipe awal dalam proses desain, sehingga dapat menghemat biaya apabila dikaitkan dengan prototyping fisik.
- Memberikan masukan terhadap masalah struktural yang mungkin terjadi selama layanan produk, mengurangi downtime dan biaya.
- Mengoptimalkan kinerja desain yang ada atau mengembangkan produk yang unik, yang mengarah ke keuntungan industri.



Gambar 13 Tampilan Patran

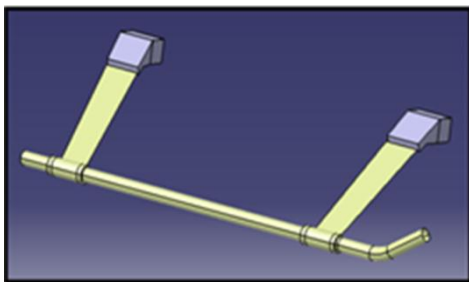
3. Studi Kasus

Pemodelan *landing skid* dilakukan pada *catia* dengan diameter skid tubesebesar 13,5 mm, tebal sebesar 1 mm dan panjang sebesar 345 mm, sedangkan bagian *cross memberlanding skid* memiliki panjang 132 mm, tebal sebesar 6 mm dan lebar sebesar 22 mm.



Gambar 14 *Landing Skid* Helikopter Synergy N9 Pada *Catia*

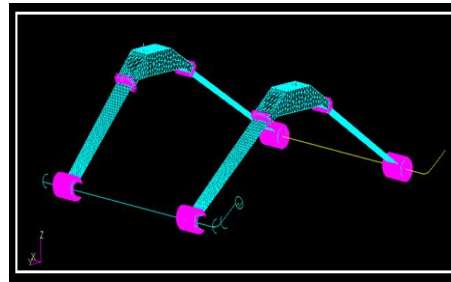
Setelah melakukan pemodelan selanjutnya landing skid di import ke patran untuk menentukan model struktur landing skid. Pada bagian upper cross member dimodelkan dengan solid, karena pemodelan solid pada software patran nastran memiliki sifat kekakuan tinggi. Pada bagian cross member dimodelkan dengan shell, karena pemodelan shell pada software patran nastran berbentuk plate yang memiliki ketebalan yang sama dengan model solid.



Gambar 15 Model Struktur *Landing Skid* Pada Patran

Setelah menentukan model struktur pada software, selanjutnya menentukan jenis meshing. Untuk bagian *upper cross member meshing* yang digunakan adalah jenis *Tetrahedral* sedangkan untuk *cross*

member meshing yang digunakan adalah jenis *Quadhedral*.



Gambar 16 Meshing *Landing Skid*

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *LANDING SKID* AKIBAT IMPACT SAAT LANDING

1. Prosedur Perhitungan

Prosedur yang dilakukan dalam analisis ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

- Helikopter diasumsikan dalam kondisi terbang melayang dengan ketinggian 9 meter dan tiba-tiba mesinnya mati sehingga helikopter harus mendarat secara vertikal.
- Kecepatan turun helikopter menggunakan persamaan *Rate of Descent*.
- $Weight\ impact = n \cdot m \cdot g$
- Hasil dari *weight impact* dimasukkan ke dalam software *Patran, Nastran*.

Kondisi batas *vertical autorotation* untuk mencari *rate of descent*, adalah sebagai berikut :

- Operating empty weight* = 4,5 kg
- Sisa fuel = 0,5 kg
- Payload I* = 4 kg
- Payload II* = 4,5 kg
- Payload III* = 5 kg
- Zero fuel weight I* = 8,5 kg
- Zero fuel weight II* = 9 kg

- h. Zero fuel weight III= 9,5 kg
- i. Landing weight I = 9 kg
- j. Landing weight II = 9,5 kg
- k. Landing weight III = 10 kg

2. Perhitungan Dengan Pembebanan 9 kg

- a. Air Density Sea Level = 1,225 kg/m³
- b. Coefisien Drag = 1
- c. Rotor Disk Area=2,03 m²
- d. Weight=88,29N

Perhitungan Disc loading :

$$DL = \frac{W}{A}$$

$$= \frac{88,29}{2,03}$$

$$= 43,49 \text{ N/m}^2$$

Perhitungan Rate of descent :

$$R/D = \sqrt{\frac{DL}{\frac{\rho}{2} \cdot cd}}$$

$$= \sqrt{\frac{43,49}{\frac{1,225}{2} \cdot 1}}$$

$$= 8,42 \text{ m/s}$$

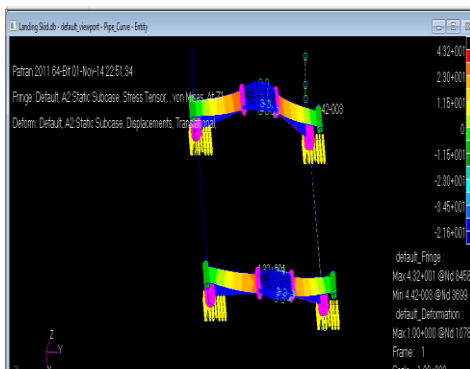
Perhitungan Weight impact :

n = 3,5
 m = 9 kg
 g = 9,8 m/s²

$$weight \ impact = n \cdot m \cdot g$$

$$= 3,5 \cdot 9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 309,015 \text{ N}$$



Gambar 17 Hasil Analisis

3. Perhitungan Dengan Pembebanan 9,5 kg

- a. Air Density Sea Level = 1,225 kg/m³
- b. Coefisien Drag = 1
- c. Rotor Disk Area=2,03 m²
- d. Weight= 93,19 N

Perhitungan Disc loading :

$$DL = \frac{W}{A}$$

$$= \frac{93,19}{2,03}$$

$$= 45,90 \text{ N/m}^2$$

Perhitungan Rate of descent :

$$R/D = \sqrt{\frac{DL}{\frac{\rho}{2} \cdot cd}}$$

$$= \sqrt{\frac{45,90}{\frac{1,225}{2} \cdot 1}}$$

$$= 8,65 \text{ m/s}$$

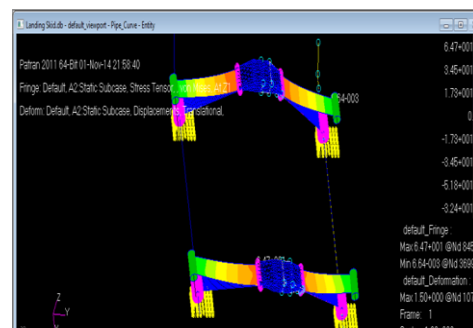
Perhitungan Weight impact :

n = 3,5
 m = 9,5 kg
 g = 9,8 m/s²

$$weight \ impact = n \cdot m \cdot g$$

$$= 3,5 \cdot 9,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 325,85 \text{ N}$$



Gambar 18 Hasil Analisis

4. Perhitungan Dengan Pembebanan 10 kg.

- a. *Air Density Sea Level*=1,225 kg/m³
- b. *Coefisien Drag* = 1
- c. *Rotor Disk Area*=2,03 m²
- d. *Weight* =98,1 N

Perhitungan Disc Loading

$$DL = \frac{W}{A}$$

$$= \frac{98,1}{2,03}$$

$$= 48,32 \text{ N/m}^2$$

Perhitungan Rate Of Descent

$$R/D = \sqrt{\frac{DL}{\frac{\rho}{2} \cdot CD}}$$

$$= \sqrt{\frac{48,32}{\frac{1,225}{2} \cdot 1}}$$

$$= 8,88 \text{ m/s}$$

Perhitungan Weight Impact

n = 3,5

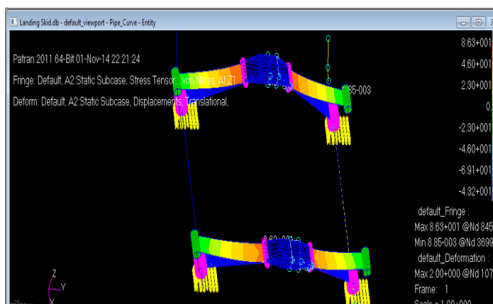
m = 9 kg

g = 9,8 m/s²

$$weight \ impact = n \cdot m \cdot g$$

$$= 3,5 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 343 \text{ N}$$



Gambar 19 Hasil Analisis

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

- a. Penambahan beban dari 9 kg sampai 10 kg berakibat meningkatkan *rate of descent* saat *landing*. Pada pembebanan 9 kg didapatkan nilai

rate of descent sebesar 8,42 m/s, dengan pembebanan 9,5 kg didapatkan nilai *rate of descent* sebesar 8,65 m/s, sedangkan dengan pembebanan 10 kg didapatkan nilai *rate of descent* sebesar 8,88 m/s.

- b. Penambahan beban dari 9 kg sampai 10 kg berakibat meningkatkan tegangan maksimum yang terjadi. Pada pembebanan 9 kg didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 4,32+001 Mpa, dengan pembebanan 9,5 kg didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 6,47+001 MPa, sedangkan dengan pembebanan 10 kg didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 8,63+001 MPa.
- c. kekuatan struktur *landing skid* masih aman dan mampu menahan beban lebih dari 10 kg, karena pada pembebanan 10 kg didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 8,63+001 MPa, tidak melewati batas *ultimate tensile strength* sebesar 3,04+003.

2. Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran sebagai berikut :

- a. Untuk meningkatkan efisiensi waktu serta hasil meshing yang lebih baik maka perlu komputer yang memiliki RAM minimal 4 GB.

- b. Penelitian dapat dilanjutkan untuk mencari *fatigue* pada *cross member landing skid*.
- c. Merubah property material pada *cross member landing skid* untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bill Gunston "The Osprey's Encyclopedia of Russian Aircraft", 2000.
2. Dr.Seott W.Beckwith, "Quasi-Isotropic Composite Material", Volume 48, No.3, May/June 2012.
3. FAR 27.337 "Limit Maneuvering Load Factor", FAR 1990.
4. Farhan Muharram "Gaya Dalam Fisika", 10 Jan 2013.
5. Gilbert, J. A and C. L. Carmen. "Chapter 7 – Poisson's Ratio Flexure Test." MAE/CE 370 – Mechanics of Materials Laboratory Manual. June 2000.
6. Gopal Mishra "The Constructor-Complete Civil Engineering Website", 2014.
7. Helicopter Performance Stability and Control, Robert E. Krieger 1990.
8. Higashisumiyoshi-ku,Imagawa.2005. O.S.Engie MAX-91SZ-HRING.Osaka:
9. Krause, Jason.2006.Synergy R/C helicopter.
10. Kurnia Utami "Modulus Elastisitas Tegangan Regangan dan Poisson Rasio" scrib.com, 2014
11. Majesty Eksa Permana Momentum dan Impuls, 15 June 2011
12. Matweb.com "Spesifik Material", 2014.
13. Muhammad Wiskha "Modulus Elastisitas", 24 Sep, 2013.
14. Priyanka Sharma "Stress Compression", April 19, 2012.
15. Risman Pratama "Komponen Helikopter" 17 Jan, 2014.
16. Rudi Sisyanto "Elastisitas", 3 Nov, 2010.
17. SJ Thompson, RT Hartshorn and J Summerscales, Strain gauges on glass fibre reinforced polyester laminates, In IH Marshall (editor): Composite Structures 3, Elsevier, London, 1985.
18. Sloane Mallorca SL 2014 Created by DigitalLime
19. [<http://www.sloanemallorca.com/>].
20. State of the art design and manufacturing for helicopter and aircraft systems, Mecaer2010.