RANCANGAN ALAT BANTU UNTUK MELEPAS DAN MEMASANG *MAIN LANDING GEAR DOWNLOCK SPRING BUNGEE* PADA PESAWAT BOEING 737-300/400/500 DI PT. AERO NUSANTARA INDONESIA

Ego Widoro, ST., SSiT., MT[1], Bambang Sutarmadji, ST, MM[2], Imam Sarwo Aji [3]
Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug-Tangerang

ABSTRAK: Pada proses pelepasan dan pemasangan *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737 – 300/400/500 di PT. Aero Nusantara Indonesia menggunakan tali sebagai alat bantu untuk menahan dan menarik *downlock spring bungee*. Tali tersebut harus ditarik dengan tenaga yang kuat dan membutuhkan minimal dua orang serta waktu pengerjaan lebih dari empat menit. Kendala lainnya adalah dibutuhkan pin tambahan yang dipasang pada lubang *uplock support shaft* dan kemungkinan tali untuk terlepas atau putus bisa terjadi sehingga hal ini dapat membahayakan dalam penggunaanya. Rancangan alat bantu ini terdiri dari empat bagian, yaitu ulir, batang penahan, batang lengan pemutar, dan rangka. Pengukuran dimensi dari *Downlock Spring Bungee* diperlukan sebagai bahan perencanaan dan perhitungan dari rancangan yang akan dibuat. Selanjutnya hasil yang diperoleh dari perhitungan tersebut akan digunakan sebagai parameter rancangan sehingga menghasilkan suatu alat yang dapat digunakan cukup dengan satu orang dan waktu penggunaanya dapat dipercepat menjadi dua menit sehingga dapat disimpulkan bahwa secara umum alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737–300/400/500 ini sudah sesuai dengan parameter yang telah ditentukan sehingga rancangan ini dapat menggantikan alat yang sebelumnya digunakan dan dapat dilakukan validasi agar dapat digunakan sesuai dengan kegunaanya.

. **Kata Kunci:** Pelepasan dan pemasangan *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee*; alat bantu khusus; pesawat Boeing 737 – 300/400/500

ABSTRACT ***P****rocess of removal and installation Main Landing Gear downlock Spring Bungee of aircraft Boeing 737 - 300/400/500 at PT. Aero Nusantara Indonesia using a rope as a tool to hold and pull downlock spring bungee. The rope must be pulled with a strong force and requires a minimum two people as well as the processing time of more than four minutes. Another constraint is needed additional pins are mounted on the support shaft uplock holes and the possibility to be separated or broken rope could happen so that it may be accident in its use. The design of this tool consists of four parts, that is a power screw, rod holder, rod player's arm, and frame. Measuring of downlock Spring Bungee dimensions used as a planning and calculation of the design to be created. The calculations results will be used as a design parameter to produce a tool that can be used with just one person and time of use can be speeded up to two minutes as well as lower levels of accidents that may happen.In this design it can be concluded that in general the tools to remove and install the Main Landing Gear downlock Spring Bungee on the Boeing 737-300 / 400/500 is in conformity with the parameters that have been determined so that this design tool can replace previously used and can be done validation can be used in accordance with their purpose.*

Keywords: *Installation and removal Main Landing Gear Downlock Spring Bungee; Special Tools; Task card;* Boeing 737 – 300/400/500 *aircraft*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. Aero Nusantara Indonesia (ANI) merupakan salah satu *Approved Maintenance Organization* (AMO) yang melaksanakan perawatan pesawat jenis Boeing *737-200/300/400/500 series, MD-80, ATR 42/72* dan *Dornier Do 328-100.* Pesawat Boeing 737-300/400/500 adalah salah satu jenis pesawat yang melaksanakan perawatan di PT. ANI yang menggunakan jenis *Landing Gear* (roda pendarat) *retractable*. Pada *Landing Gear* jenis *retractable* mempunyai beberapa Bagian komponen, salah satu komponen tersebut adalah *Downlock Spring Bungee.*

Downlock Spring Bungee dilepas pada saat penggantian *actuator* atau pada saat pelepasan *Landing Gear*. Pada saat proses pelepasan dan pemasangan *Downlock Spring Bungee* di PT. ANI menggunakan tali sebagai alat bantu untuk menarik *Downlock Spring Bungee*. Dalam proses pelepasan dan pemasangan *Downlock Spring Bungee*, tali harus ditarik oleh teknisi dengan tenaga yang kuat untuk menahan *tension* dari *Downlock Spring Bungee* dan dibutuhkan pin tambahan yang dipasang pada lubang *uplock support shaft.* Kendala lain yang dijumpai adalah sering ketidaktepatan penempatan *End Rid* dari *Downlock Spring Bungee* pada dudukan *spring support shaft.* Kendala tersebut disebabkan karena lubang dari *End Rid* tidak sejajar dengan *support shaft* dan pada saat proses penarikanya tidak bisa seimbang akibat dari *tension* yang kuat dari *Downlock Spring Bungee.* Selain ketidaktepatan tersebut teknisi juga kesulitan dalam mempergunakannya, sehingga waktu yang diperlukan untuk proses perawatan pesawat menjadi lebih lama dan diperlukan beberapa orang untuk menggunakanya.

Dari permasalahan tersebut perlu adanya alat bantu untuk melepas dan memasang downlock *spring bungee* yang dapat menyelesaikan kendala-kendala yang terjadi. Tertarik dengan hal tersebut maka disusunah perancangan alat dimaksud pada perancangan dengan judul **"RANCANGAN ALAT BANTU UNTUK MELEPAS DAN MEMASANG *MAIN LANDING GEAR DOWNLOCK SPRING BUNGEE* PADA PESAWAT BOEING 737-300/400/500 DI PT AERO NUSANTARA INDONESIA"**

B. Pembatasan Masalah

Dari masalah yang telah diidentifikasi perlu adanya pembatasan agar pembahasan lebih terarah. Adapun masalah yang dibatasi adalah pada "Bagaimana merancang alat yang dapat mempercepat dan mempermudah dalam proses melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500?"

C. Perumusan Masalah

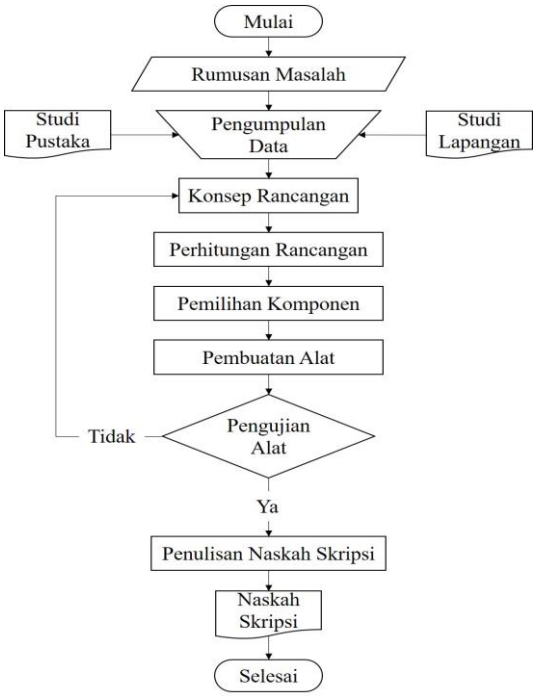
Bedasarkan pembatasan masalah yang ada, perlu dirumuskan masalah tersebut untuk dapat menyelesaikan masalah. Terhadap pembatasan masalah di atas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah besar tekanan yang dibutuhkan untuk menarik *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500?
2. Bagaimana merancang kerangka dan mekanisme pergerakan pada alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500?
3. Material dan ukuran apa saja yang sesuai dengan rancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500?

II. KERANGKA BERFIKIR DAN GAMBARAN KEADAAN

A. Kerangka Berfikir

Seperti pada gambar 1 alur berfikir, dalam perancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 ini, terlebih dahulu perlu mengumpulkan data yang berhubungan dengan perancangan ini, data tersebut dapat berasal dari studi pustaka maupun pada studi lapangan yaitu dengan melakukan konsultasi dengan pihak yang terlibat dalam perancangan.



Gambar 1 Alur berfikir

Dari data yang terkumpul maka dapat dibuat konsep rancangan yang diinginkan dengan menghitung rancangan tersebut, setelah perhitungan rancangan diperoleh maka pemilihan komponen dapat dilakukan dan langsung ketahap pembuatan alat.

Setelah selesai dirancang maka dapat langsung diuji, apabila dalam pengujian tidak berhasil maka kembali ke tahap konsep rancangan karena dimungkinkan terdapat kesalahan dalam melakukan konsep rancangan untuk menyelesaikan masalah.

Dalam perancangan alat ini memerlukan beberapa teori-teori untuk mendukung perancangan. Teori-teori yang digunakan antara lain adalah teori mengenai *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500, teori pegas, teori ulir dan teori material bahan.

Perancangan diawali dengan pembuatan desain yang sesuai dengan *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 yang terdiri dari *frame,* ulir sebagai tempat jalan kepala penarik spring dan pegangan untuk memutar ulir.

Dari perancangan tersebut diharapkan dapat dibuat sebuah alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500. Dan nantinya dapat bermanfaat bagi teknisi dalam melaksanakan perawatan pesawat di PT. ANI.

B. Gambaran Keadaan

1. Kondisi Sekarang

PT. ANI memiliki alat untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 dengan metode tarik menggunakan tali. Alat tersebut terdiri dari tali dan *frame*. *Frame* digunakan sebagai penjepit dari *push rod spring* agar spring tersebut tidak terlepas saat ditarik dan tali digunakan untuk menarik

Langkah kerja dari alat tersebut adalah pertama, kaitkan *frame* pada *Push Rod Spring,* selanjutnya tarik tali sampai panjang yang di inginkan menyesuaikan dengan posisi kedudukan dari *Push Rod Spring* tersebut. Setelah memperoleh posisi yang diinginkan maka arahkan *Push Rod Spring* pada kedudukannya. Selanjutnya pasang baut pada *bolt* kemudian *frame* bisa dilepas.

Dalam proses pelepasan dan pemasangan *Downlock Spring Bungee* di PT. ANI. Tali tersebut harus ditarik oleh beberapa teknisi dengan tenaga yang kuat untuk menahan *tension* dari *Downlock Spring Bungee.* Kendala lain yang dijumpai adalah sering ketidaktepatan penempatan *Downlock Spring Bungee* dari dudukan *Reaction Link,* kendala tersebut disebabkan karena pada saat proses penarikanya tidak bisa seimbang akibat dari *tension* yang kuat dari *Downlock Spring Bungee*.

Selain ketidaktepatan tersebut teknisi juga kesulitan dalam mempergunakannya, sehingga waktu yang diperlukan untuk proses perawatan pesawat menjadi lebih lama.

2. Kondisi Yang Diinginkan

Dalam perancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat

Boeing 737-300/400/500 mempunyai banyak tujuan yang diinginkan yaitu

1) Untuk memudahkan proses perawatan pesawat Boeing 737-300/400/500 di PT. ANI.
2) Ringan, kuat, dan mudah dioperasikan.
3) Dapat dikerjkan dengan satu orang.

Rancangan ini berbeda dengan alat sebelumnya yang sudah ada, perbedaan itu dinilai dari perbedaan proses penggunaan dan juga perbedaan dari jumlah personil yang dibutuhkan.

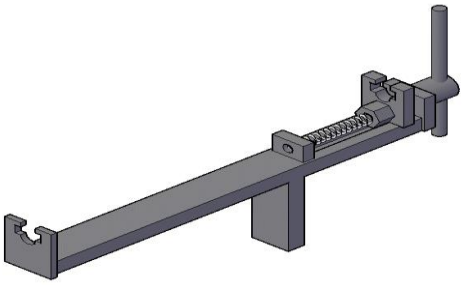
III. PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Sistem Rancangan

Pada perancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 ini dapat dibagi menjadi empat bagian. Setiap bagian ini memiliki fungsi dan kriteria masing-masing yang akan mempermudah dalam tahapan perancangan yaitu:

1. Ulir, berfungsi sebagai jalur tempat salah satu dari penahan *End Rid* pada *Downlock Spring Bungee*. Jadi dibagian ini terdapat pasangan dari baut dan mur sebagai sistem penggeraknya.
2. Batang penahan, dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian batang penahan tetap dan batang penahan penarik. Batang penahan tetap menyatu dengan ujung rangka yang berfungsi untuk menahan salah satu dari ujung *End Rid* dari *Downlock Spring Bungee.* Sedangkan batang penehan penarik menggunakan mur sebagai system penggeraknya.
3. Batang lengan pemutar, berfungsi sebagai alat untuk memutar ulir. Putaran yang dihasilkan oleh batang pemutar ini menyebabkan ulir berputar sehingga salah satu pada penahan *End Rod* dari *Downlock Spring Bungee* dapat bergerak maju mundur menyesuaikan panjang yang dibutuhkan untuk manarik *Downlock Spring Bungee* tersebut.
4. Rangka, berfungsi sebagai penahan semua gaya yang bekerja pada alat. Selain itu, rangka juga berfungsi sebagai tempat peletakan ulir dan batang penahan untuk menahan *End Rod* dari *Downlock Spring Bungee*.

Pada alat ini setiap komponen menyatu dalam satu rancangan, sehingga kerja dari rancangan ini saling berhubungan. Apabila salah satu komponen mendapatkan beban, maka komponen yang lain juga akan menerima beban. Untuk gambaran umumnya dapat di lihat pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2 Rancanga alat

B. Tahapan Perancangan

Pada tahapan perancangan ini, penulis membahas tentang perhitungan yang mendasari perancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* yang disesuaikan dengan landasan teori. Pada perancangan ini penulis membagi menjadi empat tahapan. Tahapan-tahapannya, yaitu antara lain perancangan ulir daya, batang penahan, batang pemutar dan rangka.

1. Perhitungan dan Perancangan Ulir daya

Ulir daya pada perancangan ini digunakan sebagai pemindah gaya dengan beban sebesar 102,27 kg. Menggunakan jenis ulir persegi karena dapat menahan beban besar. Material yang digunakan adalah S45C dimana material ini merupakan *medium carbon steel* yang kuat dan mudah untuk proses pembuatan ulirnya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. Menentukan diameter luar ulir

Untuk menentukan diameter luar ulir maka dapat melakukan perhitungan sebagai berikut, jika diketahui:

1) Besarnya beban pada spring saat bekerja W_o = 102,27 kg
2) Faktor koreksi (F_c) disesuaikan dengan daya yang ditranmisikan yaitu sebesar 1,2 maka $W = 1{,}2 \times 102{,}27 = 122{,}72$
3) Faktor kamanan ditentukan sesuai dengan jenis material yang akan

digunakan yaitu baja yang mempunyai faktor keamanannya sebesar 2. Maka W total menjadi $2 \times 122{,}72 = 245{,}44$ kg

4) Karena material yang digunakan termasuk baja jenis *medium carbon steel*, maka besarnya tegangan yang diizinkan (σ_a) = 4,8 kg/mm^2. Maka:

$$d \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi \sigma_a \times 0{,}64}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times 245{,}44}{3{,}14 \times 4{,}8 \times 0{,}64}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{981{,}76}{9{,}65}}$$

$$d \geq \sqrt{101{,}77}$$

$$d \geq 10{,}09 \text{ mm}$$

dipilih d = 12 mm, karena nilai ini lebih besar dari 10,09 mm

b. Menentukan jarak Bagi Ulir

Diketahui bahwa diameter luar ulir yaitu sebesar 12 mm, maka sesuai dengan tabel IS: 4694 – 1968 menyebutkan bahwa dengan diameter luar ulir sebesar 12 mm maka ditentukan jarak bagi atau *pitch* sebesar 3 mm.

c. Menentukan Diameter Dalam Ulir

Telah diketahui bahwa besar nilai diameter luar ulir sebesar 16 mm dan *pitch* sebesar 2 mm, maka:

$$d_c = d - p$$

$$d_c = 12 - 3 = 9 \text{ mm.}$$

d. Menentukan Diameter Inti Ulir

Diketahui diameter luar ulir sebesar 12 mm dan *Pitch* sebesar 3 mm, maka:

$$d_m = d - 0{,}5p$$

$$d_m = 12 - (0{,}5 \times 3) = 10{,}5 \text{ mm}$$

e. Menentukan jumlah keseluruhan ulir

Karena ulir disini sebagai media penarik, maka jumlah ulir ditentukan berdasarkan panjang renggangan spring yang dibutuhkan dibagi dengan jarak bagi ulir. Telah ditentukan panjang ulir sebesar 111 mm, maka jumlah keseluruhan ulir adalah:

$$n = \frac{111}{3} = 37$$

Jadi jumlah keseluruhan ulir 37 ulir.

f. Menentukan Sudut Helix

Sudut helix digunakan untuk menghitung torsi yang bekerja pada ulir, diketahui bahwa besar lead = *pitch* = 3 mm, dan besar diameter inti 15 mm, maka:

$$\tan \alpha = \frac{l}{\pi d_m}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{3{,}14 \times 10{,}5}$$

$$\tan \alpha = 0{,}09099$$

$$\alpha = 5{,}2^o$$

g. Menghitung Torsi

Telah diketahui bahwa:

1) Besarnya beban yang bekerja pada spring = 102,27 kg × 9,8 = 1002.246 N.
2) Diameter inti ulir (d_m) sebesar = 10,5 mm
3) Koefisien geseknya $\mu = 0{,}18$ (sesuai dengan tabel 6 koefisien halaman 26)
4) Sudut helix $\alpha = 5{,}2^o$
5) Nilai $\phi = 10{,}20$ (dimana $\mu = \tan \phi$)

Maka:

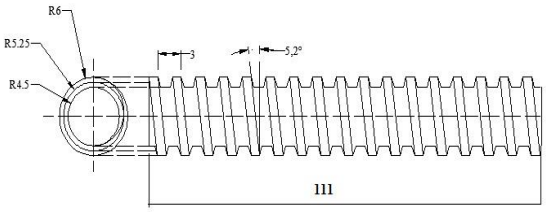
$$M_t = \frac{W d_m}{2} \tan(\phi + \alpha)$$

$$M_t = \frac{1002{,}246 \times 10{,}5}{2} \tan(10{,}20 + 5{,}2)$$

$$M_t = 5261{,}79 \times \tan 15{,}40$$

$$= 1350{,}998 \text{ N.mm}$$

Ulir daya yang dibuat memiliki diameter luar 12 mm, diameter inti 10,5 mm, diameter dalam 10 mm, dan panjang ulir sebesar 111 mm. Lihat gambar 3 berikut ini:



Gambar 3 Ulir daya jenis ulir persegi

2. Perancangan Batang Penahan

Pada perancangan batang penahan ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama yaitu batang penahan tetap dan batang penahan penarik

a. Batang penahan tetap

Batang penahan tetap ini berfungsi sebagai penahan dan bersentuhan langsung dengan salah satu ujung dari *End Rod Downlock Spring Bungee*. Material yang digunakan untuk batang penahan adalah plat SS400, material ini memiliki *modulus elastisitas* (E) sebesar 190000 N/mm^2. Penentuan panjang dan lebar rangka berdasarkan panjang dan lebar dari dimensi end rod downlock spring bungee. Yaitu panjang 60 mm dan lebarnya adalah 45 mm.

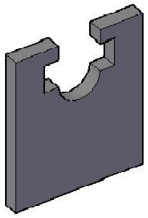
Tebal material yang digunakan sebagai batang penahan ditentukan berdasarkan beban lengkung yang diterima oleh rangka. Beban yang diterima rangka adalah tension dari downlock spring bungee yaitu sebasar 102,27 N. beban izin (P_{izin}) dalam menentukan ketebalan material dengan faktor keamanan *(fs)* sebesar 1,5. Maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_{izin} = p \times fs$$
$$p_{izin} = 102{,}27 \times 1{,}5$$
$$p_{izin} = 153{,}4$$

Dalam rancangan batang penahan ini perancang mengasumsikan defleksi (y) yang dizinkan sebesar 2 mm. karena tumpuan berada di satu sisi maka tebal rangka dapat dientukan sebagai berikut:

$$y_b = y_{\max} = \frac{-P \times a^3}{3 \times E \times I}$$
$$y_b = y_{\max} = \frac{-P \times a^3}{3 \times E \times \frac{a \times t^3}{12}}$$
$$t = \sqrt[3]{\frac{p_{izin} \times a^2}{0{,}25 \times E \times y_b}}$$
$$t = \sqrt[3]{\frac{310635}{0{,}25 \times 190000 \times 2}}$$
$$t = \sqrt[3]{\frac{310635}{95000}}$$
$$t = \sqrt[3]{3{,}27}$$
$$t = 1{,}48 \text{ mm}$$

Jadi tebal material pada batang penahan minimum adalah 1,48 mm. dan dalam rancangan ini perancang menggunakan tebal material 5 mm. Untuk bentuk dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4 batang penahan tetap

b. Batang penahan penarik

Pada batang penahan penarik ini berfungsi sebagai penahan dan penarik dari salah satu ujung *End R0d Downlock Spring Bungee*. Untuk bentuk, ukuran dan material disesuaikan dengan batang penahan tetap, namun terdapat mur *power screw* yg digunakan sebagai penggerak dari batang penahan penarik yang diletakan berpasangan dengan ulir. Berikut perhitungan dalam perancangan mur *power screw*:

1) Menentukan diameter Mur

   Ukuran Mur dalam perancangan ini menyesuiakan dengan diameter ulir, yaitu telah ditentukan diameter dalam dari ulir dalam sebesar 9 mm, diameter luar dari ulir dalam sebesar 12 mm, sedangkan diameter luar dari mur dua kali dari diameter ulir, yaitu sebesar 24 mm.

2) Menentukan jumlah ulir dari mur (z)

   Jumlah ulir dari mur harus ditentukan karena mempengaruhi kekuatan kaitan antara ulir luar dan ulir dalam. Untuk menentukan jumlah ulir dari mur digunakan perhitungan sebagai berikut:

   Telah diketahui:

   (a) Beban yang bekerja W= 1002,246 N
   (b) Diameter ulir (d) sebesar12 mm
   (c) Diameter dalam ulir (d_c) sebesar 9 mm
   (d) Nilai tekanan dari permukaan yang bergesekan (S_b) sebesar 5. Nilai ini

ditentukan berdasarkan jenis material dan kecepatan gesernya.

Maka:

$$z = \frac{4W}{\pi \times s_b \left(d^2 - {d_c}^2\right)}$$

$$z = \frac{4 \times 1002{,}246}{3{,}14 \times 5\left(12^2 - 9^2\right)}$$

$$z = \frac{4008{,}984}{989{,}1} = 4$$

Jadi jumlah ulir dalam mur sebanyak 4

3) Menghitung tinggi mur

Telah diketahui jumlah ulir dalam mur sebanyak 4 dan jarak bagi ulir sebesar 2 mm, maka:

$$H = z \times p$$

$$H = 4 \times 3 = 12 \text{ mm}$$

4) Menghitung tegangan geser

Untuk menghitung tegangan geser maka dibutuhkan data sebagai berikut:

(a) Beban yang bekerja W = 748,33 N

(b) Diameter dalam mur sebesar 16 mm

(c) Nilai ketebalan ulir

$$t = \frac{p}{2} = \frac{3}{2} = 1{,}5$$

(d) Banyak z = 4

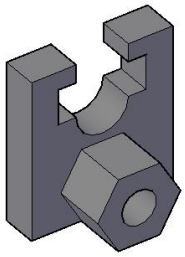
Maka:

$$\tau_n = \frac{w}{\pi \times d \times t \times z}$$

$$\tau_n = \frac{1002{,}246}{3{,}14 \times 12 \times 1{,}5 \times 4}$$

$$\tau_n = \frac{1002{,}246}{226{,}08} = 4{,}43 \text{ N/mm}^2$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan pembuatan mur yang sesuai dengan perhitungan. Kemudian mur tersebut dilas untuk disatukan dengan batang penahan. Untuk bentuk dari batang penahan penarik dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5 batang penahan penarik

3. Batang lengan pemutar

Batang lengan pemutar berfungsi untuk memutar batang ulir yang akan menarik batang penahan pemutar. Lengan pemutar digunakan agar gaya yang diberikan semakin kecil. Semakin panjang batang lengan pemutar maka semakin kecil gaya yang diberikan. Disini perancang menginginkan besarnya gaya yang bekerja pada ulir saat diputar sebesar 0,85 kg pada ujung pemutar, maka panjang dari batang lengan pemutar dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

Diketahui:

a) Torsi yang bekerja = 1350,998 N

b) F = 1 kg = 1 x 9,8 = 9,8 N

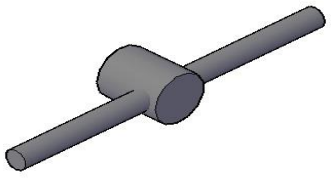
Maka,

$$L = \frac{T}{F}$$

$$L = \frac{1350{,}998}{9{,}8}$$

$$L = 137{,}86 \text{ mm}$$

Maka sesuai perhitungan tersebut perancang membuat panjang dari batang lengan pemutar sebesar 150 mm karena nilai ini masih diatas 137,86 dan untuk diameternya disesuaikan dengan kennyamanan dalam memegang maka perancang menggunakan diameter sebesar 10 mm. Batang lengan pemutar ini bisa di maju mundurkan agar proses pemutaran lebih mudah dan ringan. Material yang digunakan menggunakan *stainlees steel* 304 agar tidak terjadi korosi karena batang lengan pemutar ini sering disentuh atau dipegang jadi harus terjaga demi kenyamanan kerja. Bentuk dari batang lengan pemutar dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6 batang lengan pemutar

4. Rangka

Bagian rangka dalam rancangan ini berfungsi sebagai penahan semua gaya yang bekerja pada alat. Selain itu, rangka juga berfungsi sebagai tempat peletakan ulir dan batang

penahan untuk menahan *End Rod* dari *Downlock Spring Bungee*. Material yang dipilih adalah ASTM A500 Grade A material ini memiliki *modulus elastisitas* (E) sebesar 200000 N/mm^2. Penentuan panjang dan lebar rangka berdasarkan pada panjang dan lebar dari downlock spring bungee. Yaitu panjang 300 mm dan lebarnya adalah 39 mm.

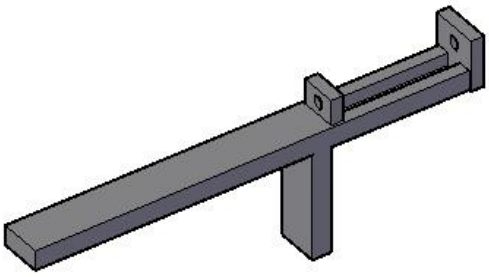
Tebal material yang digunakan sebagai rangka ditentukan berdasarkan beban lengkung yang diterima oleh rangka. Beban yang diterima rangka adalah *tension* dari *Downlock Spring Bungee* yaitu sebasar 102,27 N. beban izin (P_{izin}) dalam menentukan ketebalan material dengan faktor keamanan *(fs)* sebesar 1,5. Maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_{izin} = p \times fs$$
$$p_{izin} = 102{,}27 \times 1{,}5$$
$$p_{izin} = 153{,}4$$

Dalam rancangan rangka ini perancang mengasumsikan defleksi (y) yang dizinkan sebesar 4 mm. karena rancangan rangka ini tumpuan berada disebelah kanan dan kiri dari rangka maka tebal rangka dapat dientukan dengan menggunakan persamaan 13 sebagai berikut:

$$y_b = y_{\max} = \frac{-P \times L^3}{48 \times E \times I}$$
$$y_b = y_{\max} = \frac{-PL^3}{48 \times E \times \frac{l \times t^3}{12}}$$
$$t = \sqrt[3]{\frac{p_{izin} \times l^2}{4 \times E \times y_b}}$$
$$\$t = \sqrt[3]{\frac{153{,}4 \times 300^2}{4 \times 200000 \times 4}}$$
$$t = \sqrt[3]{\frac{13806000}{3200000}}$$
$$t = \sqrt[3]{4{,}3}$$
$$t = 1{,}6 \text{ mm}$$

Jadi tebal material rangka minimum adalah 1,6 mm. dan dalam rancangan ini perancang menggunakan tebal material 1,6 mm (lihat lampiran 13 pada halaman 93). Untuk bentuk rancangan rangka dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini:



Gambar 7 Rangka

5. Menghitung dan Memilih Bantalan

Bantalan ini dipasang pada kedua bagian penahan ulir. Bantalan yang dipilih jenis Bushing karena jenis ini mampu menahan beban aksial dari ulir dengan baik dan dapat dibuat sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Telah diketahui diameter dalam ulir sebesar 9 mm dan diameter luar ulir sebesar 12 mm maka perancang membuat dengan ukuran tersebut. Sehingga dapat menentukan nalai tekanan permukaan bantalan sebagai berikut:

Telah diketahui:

a) Beban sebesar 748,33 N
b) Diameter luar ulir d = 16 mm dan diameter dalam d_c = 14
c) Nilai z = 4

Maka:

$$Sb = \frac{4W}{\pi.z\left(d^2 - {d_c}^2\right)}$$
$$Sb = \frac{4 \times 748{,}33}{3{,}14 \times 4\left(16^2 - 14^2\right)}$$
$$Sb = \frac{4 \times 748{,}33}{3{,}14 \times 4\left(16^2 - 14^2\right)}$$
$$Sb = \frac{2993{,}3}{753{,}6}$$
$$Sb = 3{,}97 \text{ N/mm}^2$$

Jadi besar nilai tekanan permukaan bearing adalah 3,97 N/mm^2.

6. **Menghitung Kekuatan Sambungan Las**

Dalam perhitungan pengelasan ini, perancang menggunakan tipe pengelasan *fillet sirkular momen* pada plat persegi panjang. Diketahui

bahwa momen yang diterima oleh plat adalah sebesar 350787,5 N.mm dan dimensi dari plat adalah 39×19 mm. pengelasan ini didistribusikan ke setiap sisi dari plat. Karena tebal plat yang akan dilas adalah 5, maka tebal minimum dari ukuran pengelasan (h) adalah 3 mm sehingga dapat dihitung tegangan yang diterima sambungan las dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{4{,}24 \times M}{h(b^2 + 3 \times l \times b)}$$

$$\sigma = \frac{4{,}24 \times 350787{,}5}{3(19^2 + 3 \times 39 \times 19)}$$

$$\sigma = \frac{1487339}{7752}$$

$$\sigma = 191{,}86 \text{ N/mm}^2$$

Didapatkan besarnnya tegangan yang dialami pengelasan adalah sebesar $\sigma = 191{,}86$ N/mm^2. Kemudian dibandingkan dengan besarnya tegangan izin dari material tersebut sebesar $\sigma_{allow} = 206{,}67$ N/mm^2.

Karena $\sigma_{allow} > \sigma$ sehingga tegangan yang diterima pengelasan dapat diterima.

C. Uji Coba Rancangan

Setelah rancangan selesai perlu dilakukan uji coba untuk memastikan bahwa rancangan tersebut dapat beroperasi sesuai dengan rencana yang sudah ditentukan. Proses pengujian dilakukan pada *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pesawat Boeing 737-300 yang berada di PT. ANI Berikut adalah hasil dari pengujian rancangan:

1. Hasil pengujian komponen terhadap dimensi dari *Downlock Spring Bungee.*

Pengujian dilakukan dengan cara memasangkan secara langsung komponen – komponen pada rancangan alat ke bagian komponen - komponen dari *Downlock Spring Bungee*. Hasil yang didapatkan adalah batang penahan dapat terpasang dengan baik dan batang lengan pemutar dapat dimaju mudurkan sesuai kebutuhan. Namun jarak antara permukaan ulir dengan salah satu baut yang terpasang pada salah satu *support shaft* terlalu dekat dan ini dapat menyebabkan gesekan pada permukaan ulir.

2. Hasil pengujian komponen terhadap putaran benda

Pengujian dilakukan dengan cara mengamati komponen – komponen pada rancangan alat terhadap putaran dari lengan batang pemutar. Pada saat proses pemutaran berlangsung ulir dapat berputar dengan baik, dan batang penahan penarik dapat bergerak maju/mundur sesuai dengan arah putaran

3. Hasil pengujian komponen terhadap beban yang diterima

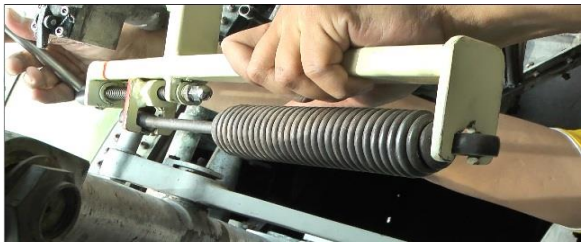
Pengujian dilakukan dengan cara mengamati komponen – komponen pada rancangan alat pada saat rancangan alat bekerja/digunakan. Kedua batang penahan dapat menahan beban dengan baik. Rangka dapat menahan beban yang diterima oleh komponen – komponen rancangan alat dan ulir masih dapat berputar dengan baik.

Untuk tahapan proses dan hasil uji coba dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 10 Uji coba rancangan

No	Jumlah Putaran	Panjang penarikan	Keterangan
1	1 putaran	3 mm (gambar 8a)	Kedua batang penahan masih bisa digerakan/belum tertahan/terkunci oleh *tension* dari *spring*.
2	3 putaran	9 mm (gambar 8b)	Kedua batang penahan sudah tertahan/terkunci karena tension dari *spring* tersebut
3	14 putaran	42 mm (gambar 8c)	*Spring* dapat dimasukan kedalam *support shaft* karena panjang sudah sesuia dengan jarak yang dibutuhkan

Selain dapat dilihat dari tabel diatas, proses pengujian alat dari rancangan alat bantu untuk melepas dan memasang *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 dapat dilihat pada gambar 8 bawah ini:



(a)

(b)

(c)

Gambar 8 Hasil Uji Coba Rancangan

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penghitungan dan perancangan yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Besar tekanan pada *Main Landing Gear Downlock Spring Bungee* pada pesawat Boeing 737-300/400/500 adalah 102,27 kg. ini berdasarkan pada pengukuran dilapangan menggunakan *force meter*.
2. Material yang digunakan pada rancangan ini antara lain: pada frame menggunakan baja *Hollow Structural Stell (HSS)* ASTM A500, *grade* A, untuk ulir menggunkan material S 45 C, batang penahan menggunakan plat baja SS400 dan pada batang lengan pemutar menggunakan material *stainless steel* 304
3. Rangka dirancang menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran dari komponen *Downlock Spring Bungee* yang mempunyai panjang 370 mm, sedangkan untuk mekanisme pergerakannya menggunakan metode ulir. Ulir dirancang dengan diameter luar 12 mm, diameter dalam 19 mm, diameter inti 10,5 mm dan mempunyai batang pemutar sepanjang 150 mm

B. Saran

Dari kesimpulan yang telah dijelaskan maka didapatkan saran sebagai berikut:

1. Rancangan Alat bantu ini di validasi agar dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.
2. Tinggi dari batang penahan penarik dapat ditambahkan agar jarak antara permukaan ulir dengan salah satu baut yang terpasang pada *End Rod* dari *Downlock Spring Bungee* tidak terlalu dekat.
3. Beban pada batang lengan pemutar dapat dikurangi dengan cara menambah panjang dari lengan batang pemutar, hal ini bisa dilakukan karena area dimana batang lengan pemutar itu bekerja luas.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Aircraft Maintenance Manual* Boeing 737-300/400/500. (2015)
2. Bhandari, V. B., (2007). *Design of Machine Element*. New Delhi: McGraw-Hill.
3. *Component Maintenance Manual* Boeing 737-300/400/500. (2006)
4. *Civil Aviation Safety Regulation Part* 43. (2000)
5. Harsono, (1998). Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta: PT. Pradnya Paramita
6. *Illustradet Tool and Equipment List* Boeing 737-300/400/500. 2008
7. Mott, L., R, (2009). Elemen-elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis – buku 1. Yogyakarta: Andi Pustaka
8. Sofyan, B., T. (2010). Pengantar Material Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
9. Siswanto. (2011). Konsep Dasar Teknik Las, Jakarta: Prestasi Pustaka Raya.
10. Sularso, (2002) Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
11. Khurmi, R., S. and Gupta, J., K. (1995). *A Text Book of Machine Design.* New Delhi: *Eurasia Publishing House Ltd.*