

# Analisis Tegangan pada *Credles Towing Tug Remote Control* dengan Beban *Nose Landing Gear Wheel Cessna 172*

Dedy Abdul Majid<sup>1</sup>, Singgih Satrio Wibowo<sup>1</sup>, Heri Widiatoro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : [dedy.abdul.aer19@polban.ac.id](mailto:dedy.abdul.aer19@polban.ac.id)

## ABSTRAK

Artikel ini menjelaskan mengenai analisis tekanan pada *credle towing tug remote control* dengan beban *nose landing gear wheel* pesawat *cessna 172*. Proyek ini bertujuan untuk merancang bentuk *credle* yang mampu mencengkram roda pesawat *cessna* dengan diameter 320mm dengan lebar 120mm. Selain itu, proyek ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisis simulasi pembebanan statik dengan beban *nose landing gear wheel cessna 172* sebesar 320.30kg dengan faktor keamanan yang diinginkan  $>1.5$ . Proses simulasi terdiri dari beberapa tahapan yakni: *Pre-processing*, *Processing* dan *Post processing*. Nilai maksimal tegangan *von misses stress* yang didapatkan sebesar 87.870 MPa pada *credle* bagian depan dengan faktor keamanan dominan sebesar 3.217 dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan mampu menahan beban *nose landing gear wheel Cessna 172*.

### Kata Kunci :

*Towing tug, towbarless, credles, Cessna 172*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia mendorong teknologi untuk terus berinovasi. Termasuk pada teknologi dibidang penerbangan. Salah satu teknologi yang terus berkembang dan berinovasi yaitu GSE (*Ground Support Equipment*) merupakan bagian dari fasilitas yang harus tersedia untuk mendukung operasi penerbangan maupun perawatan pesawat.

Salah satu contoh dari GSE adalah *aircraft towing traktor* yang membantu memindahkan pesawat dari hanggar ke lintasan terbang ataupun sebaliknya, dan juga saat pemindahan pesawat di hanggar dari satu tempat ke tempat lain. Selain itu manfaat menggunakan *aircraft towing traktor* juga memungkinkan pesawat untuk parkir dengan tepat karena pengemudi *towing traktor* dapat melihat area di sekitar pesawat lebih baik daripada yang dapat dilihat pilot dari dek penerbangan. Selain itu, *towing traktor* berguna untuk mengemat bahan bakar pesawat ketika proses pemindahan pesawat.

Berdasarkan hubungan pesawat dan *aircraft towing traktor*, dibedakan menjadi 2 macam yaitu *towbar* dan *towbarless* [1]. *Towbar* adalah jenis *towing traktor* yang menggunakan *bar/shaft* penghubung yang

menghubungkan *towing* dengan pesawat seperti pada Gambar 1.



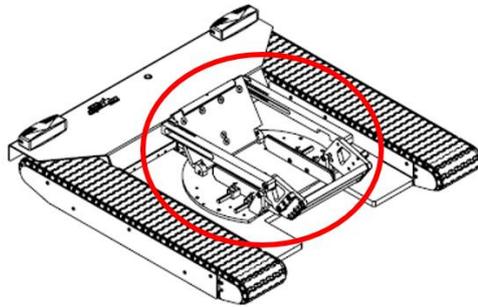
Gambar 1. *Aircraft towing towbar tug*  
(Sumber : <https://jms.aero/en/144087-Tow-bars>)

Sedangkan *towbarless* adalah jenis *towing traktor* yang memanfaatkan sistem penjepit pada *towing* yang terhubung langsung dengan pesawat seperti pada Gambar 2. Saat ini jenis *towbarless* telah berkembang pesat dan menjadi daya tarik utama *aircraft towing traktor*.



Gambar 2. *Aircraft towing towbarless tug*  
(Sumber : <https://www.pr.com/press-release/726725>)

*Credle* yaitu bagian yang dilingkari pada Gambar 3 merupakan bagian penting dari *aircraft towing* dengan jenis *towbarless*. Dan merupakan topik utama dari artikel ini.



Gambar 3. *Credle* [2]

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat beberapa sumber ilmiah yang digunakan pada artikel ini sebagai sumber pustaka. Sumber pustaka tersebut meliputi hasil karya Tugas Akhir sebelumnya yang menjelaskan mengenai rancang bangun dan simulasi struktur pada *towing tug remote control* yang belum ditambah *credle* dan juga artikel ilmiah mengenai *credle* yang menjelaskan mengenai desain, fitur, cara kerja dan manfaat pada *credle*.

### 2.1 Analisis Struktur

Analisis struktur merupakan proses menghitung serta menentukan dampak akibat beban yang bekerja pada struktur yang memunculkan respon berbentuk gaya dalam (*internal forces*) pada struktur. Analisis struktur sangat penting untuk mengetahui bagaimana alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur [3].

Struktur harus dapat menahan beban yang terjadi agar struktur tidak rusak, untuk menghasilkan struktur yang kuat maka posisi dari struktur itu harus stabil, dengan menghilangkan gaya yang terjadi pada

struktur atau dengan saling menghilangkan gaya jika beban struktur mengarah ke horizontal (sumbu X) dan beban struktur mengarah ke vertikal (sumbu Y) harus sama-sama menghilangkan atau nol [4].

Selain beban, material yang digunakan dan geometri (sistem) struktur juga berpengaruh terhadap perilaku struktur. Dengan melakukan analisis struktur maka dapat diketahui bagaimana perilaku struktur dan tingkat keamanannya saat dikenai beban yang diperkirakan akan bekerja. Analisis struktur dapat dilakukan selama tahapan desain, pada saat pengujian maupun setelah manufaktur [3].

### 2.2 Mekanika Teknik

Mekanika teknik merupakan bidang ilmu yang menekuni sikap struktur terhadap beban yang bekerja. Dalam mekanika teknik, mencakup mengenai konstruksi suatu benda, baik dari bagian-bagian konstruksinya ataupun dari perhitungan konstruksinya. Mekanika teknik sangat bermanfaat dalam dunia teknik sebab penggunaannya yang luas dalam bidang teknik dan merupakan ilmu dasar yang digunakan dalam pengembangan maupun riset.

Ada 3 bagian dalam ilmu mekanika teknik yakni Benda Tegar (*Rigid Body*), Fluida dan Benda Berdeformasi (*Deformable Bodies*) [5]. Benda Tegar (*Rigid Body*) merupakan dasar dari ilmu mekanika teknik yang dipelajari. Benda tegar adalah benda yang tetap diam saat diberi gaya dari luar. Pada dasarnya benda tegar dibagi menjadi 3 yaitu mekanika statika, kinematika dan dinamika. Mekanika statika merupakan ilmu yang mempelajari keseimbangan gaya dalam konstruksinya dalam keadaan diam walaupun terdapat gaya. Mekanika kinematika adalah ilmu yang mempelajari pergerakan benda tanpa memperdulikan penyebab terjadinya gerak. Dan mekanika dinamika adalah ilmu yang mempelajari gerak dan mencari penyebab benda bergerak [6].

### 2.3 Tegangan

Tegangan merupakan suatu perilaku pada material atau perbandingan antara gaya yang bekerja dan luas penampang yang mendapatkan gaya tersebut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan ( $N/mm^2$ )

$F$  = Gaya ( $N$ )

$A$  = Luas Penampang ( $mm^2$ )

## 2.4 Beban Struktur

Beban struktur adalah gaya yang bekerja pada bagian struktur, atau pada sistem struktur, yang dengan analisis struktur dapat dihitung bagaimana alur dan distribusi gaya tersebut pada tiap elemen struktur yang menyebabkan gaya dalam (*internal forces*) pada elemen-elemen tersebut dan sekaligus menghitung berapa besarnya.

Beban dapat dibagi atas beberapa jenis berdasarkan daerah pembebanannya, yaitu [7]:

### 1. Beban terpusat

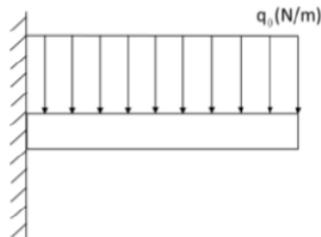
Pembebanan yang diberikan secara terpusat pada satu titik dari suatu material. Beban terpusat memiliki area pembebanan yang sangat kecil dibandingkan dengan beban terdistribusi, contoh beban terpusat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Beban terpusat [8]

### 2. Beban terdistribusi

Pembebanan yang daerah pembebanannya diberikan secara merata pada seluruh bagian, contoh beban terdistribusi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Beban terdistribusi [9]

Berdasarkan sistem kerjanya pembebanan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu [9]:

### 1. Pembebanan dinamik

Pembebanan dinamik adalah jenis pembebanan yang dipengaruhi oleh fungsi waktu. Besarnya pembebanan dinamik ini berubah-ubah arahnya maupun besarnya berdasarkan waktu dan keadaan tertentu

### 2. Pembebanan statik

Pembebanan statik adalah jenis pembebanan yang tidak dipengaruhi oleh waktu, besarnya beban yang diberikan adalah konstan atau tidak berubah.

## 2.5 Safety Factor

*Safety factor* merupakan kemampuan kapasitas struktural sistem di luar beban yang diharapkan atau beban aktual. *Safety factor* bisa dinyatakan sebagai rasio yang membandingkan kekuatan absolut dengan beban aktual yang diterapkan, ataupun bisa dinyatakan sebagai nilai konstan yang wajib dipenuhi ataupun dilampaui struktur menurut hukum, spesifikasi, kontrak, ataupun standar [10].

*Safety factor* pada desain struktur di dunia penerbangan ataupun permesinan adalah harus  $>1.5$  bertujuan menghindari kegagalan pada struktur tersebut. Pada kondisi tertentu *safety* nilai minimum *safety factor* adalah  $\geq 1.5$  [11].

Menetapkan *safety factor* harus dilakukan dengan tepat karena apabila terlalu rendah maka kemungkinan struktur akan rawan hancur dan rusak, sebaliknya jika terlalu besar maka struktur akan menjadi kuat tetapi ada kenaikan biaya ataupun sesuatu yang berhubungan dengan berat benda.

Oleh karena itu, *safety factor* dapat diartikan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tegangan yang terjadi}} \quad (2)$$

Dan perbandingan antara tegangan luluh dengan tegangan izin adalah:

$$S_f = \frac{\sigma_y}{\sigma_a} \quad (3)$$

Keterangan :

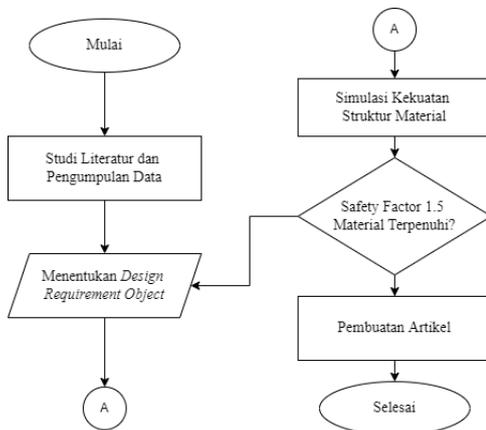
$S_f$  = Safety factor

$\sigma_y$  = Tegangan luluh (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma_a$  = Tegangan izin (N/m<sup>2</sup>)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah artikel ini adalah secara deskriptif pada diagram alir dibawah serta terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan yaitu studi literatur, menentukan DRO, analisis struktur dan material, pembuatan laporan dan selesai.



Gambar 6. Diagram alir

#### 3.1 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Pada tahap pertama ini proses yang dilakukan adalah pencarian data serta pemahaman yang lengkap terkait topik yang dibawakan pada tugas akhir ini yang bisa dijadikan referensi, sumber yang digunakan adalah buku, jurnal, laporan tugas akhir dan website yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

#### 3.2 Penentuan DRO

Pada tahap yang selanjutnya dilakukan penentuan DRO untuk mempertimbangkan spesifikasi dari *credle* agar tujuan yang diinginkan dapat terpenuhi dan terealisasikan.

Tabel 1. Design Requirement Object

Jenis Aspek	Kebutuhan
Aspek Keamanan	Mampu menahan beban <i>nose wheel</i> pesawat Cessna 172 sebesar 3230,53 N/ 329,30 Kg.
	Memiliki nilai <i>safety factor</i> > 1,5 dari hasil simulasi statik menggunakan <i>software solidworks</i>
Aspek Desain	Dapat memuat dan mencengkram <i>nose wheel</i> Cessna 172 yang berdiameter 320 mm dan tebal 120mm
Aspek Bahan	AISI 1035 <i>Steel</i> , Pemilihan material tersebut dipilih berdasarkan kekuatan untuk menahan beban <i>nose wheel</i> yang telah di simulasikan pada <i>solidworks</i> .

#### 3.3 Simulasi Kekuatan Struktur Material

Setelah melakukan proses penentuan DRO, kemudian proses berikutnya adalah simulasi kekuatan struktur material. Pada simulasi kali ini digunakan *software solidworks* dengan simulasi pembebanan statik untuk mencari tekanan maksimal dan faktor keselamatan yang didapat oleh *credle*.

#### 3.4 Pembuatan Artikel

Setelah didapatkan nilai faktor keselamatan >1.5 maka dilanjutkan dengan proses pembuatan artikel ilmiah.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis struktur *credle* yang dilakukan mencakup beberapa bahasan, yakni *pre-processing*, *processing* dan *post-processing*.

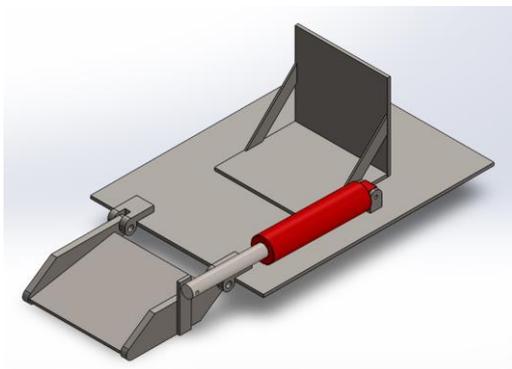
#### 4.1 Pre-Processing

Pemodelan komponen-komponen *credle towing tug remote control* menggunakan *software solidworks*. Pemodelan 3D model ini terdiri dari 11 komponen dan dua *assembly*. Seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Komponen *credle*

Pada Gambar 8 merupakan 3D model *assembly part credle towing tug remote control* menggunakan software *solidworks*.



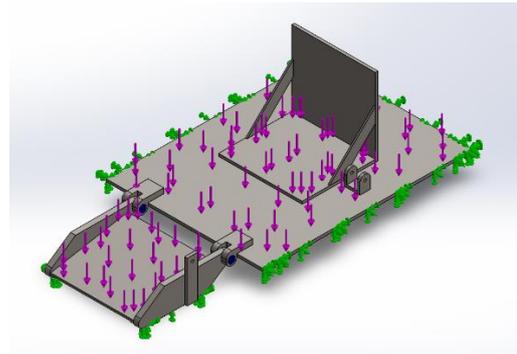
Gambar 8. *Credle assembly*

Material yang digunakan pada *credle towing tug remote control* ini adalah AISI 1035 dengan karakteristik seperti pada Gambar 9

Property	Value	Units
Elastic Modulus	204999.9984	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Tensile Strength	585.0000029	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	282.685049	N/mm <sup>2</sup>
Tangent Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Mass Density	7849.999987	kg/m <sup>3</sup>
Hardening Factor	0.85	N/A

Gambar 9. Karakteristik material AISI 1035

*Boundary condition* meliputi pembebanan / *external load* dan penentuan *fixed geometry*. Beban yang akan digunakan pada *towing tug* yaitu beban *nose wheel Cessna 172* sebesar 3230,53 N atau 329,20 Kg yang ditunjukkan dengan panah kebawah berwarna ungu. Selain pembebanan dilakukan penempatan *Fixture (Fixed Geometry)* pada base yang ditunjukkan oleh panah berwarna hijau seperti pada Gambar 10

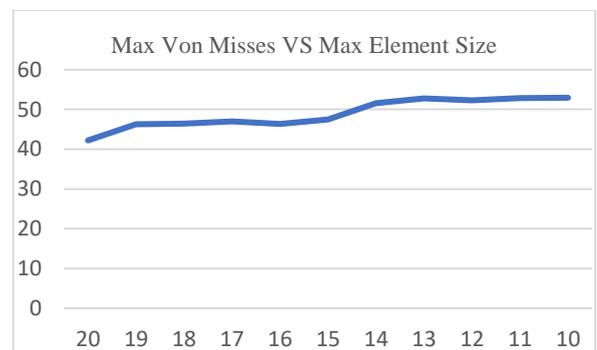


Gambar 10. Pembebanan dan *fixed geometry* pada *credle*

#### 4.2 Processing

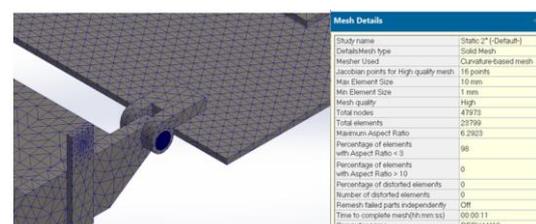
*Meshing* adalah proses membagi komponen menjadi beberapa elemen kecil. Metode *meshing* yang digunakan yakni menggunakan *curvature-based mesh* dengan kualitas *high*.

Pada Gambar 11 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan antara *max von misses* dengan *max element size* yang digunakan. Mesh dikatakan baik apabila telah menunjukkan keadaan konvergen seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 11. *Max von misses VS max element size*

Pada simulasi ini digunakan *meshing* dengan *max element size* 10mm dengan total elemen sebanyak 23.799 elemen dan aspek rasio <3 sebesar 8%. Detail *meshing* seperti pada Gambar 12.

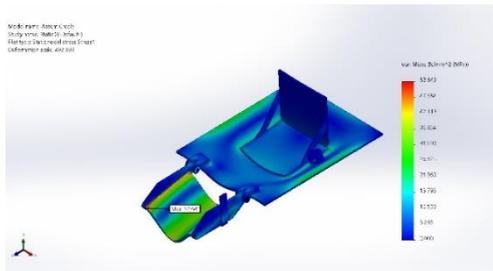


Gambar 12. Detail *meshing*

### 4.3 Post-Processing

#### 1. Von Misses Stress Simulation

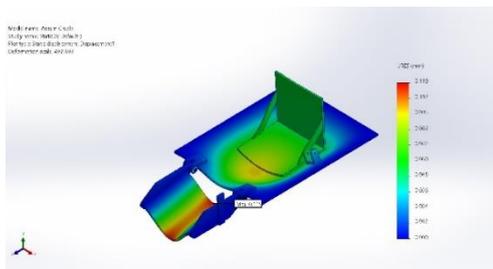
Kegagalan suatu desain struktur bisa dilihat dari tegangan maksimal yg terjadi. Salah satu kriteria kegagalan yang digunakan pada Solidworks digunakan *maximum Von Misses Stress*. Nilai *Von Mises Stress* yang didapatkan pada simulasi ini adalah 52.649 MPa. Nilai tegangan ini berada di bawah *yield strength* material AISI 1035 sebesar 282.685049 MPa.



Gambar 13. Max Von Misses

#### 2. Displacement Maximum Simulation

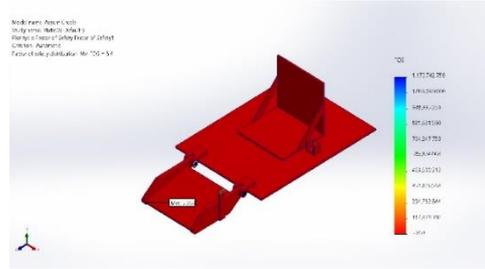
Nilai *displacement maximum* (URES) atau deformasi maksimal yang terjadi pada simulasi *credle towing tug remote control* adalah 0.119mm. Deformasi maksimal terjadi pada bagian plat *credle* bagian depan seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Max displacement

#### 3. Factor of Safety

*Factor of safety* (FOS) yang didapat pada simulasi *credle towing tug remote control* adalah dominan sebesar 5.369 berwarna merah ditunjukkan pada Gambar 15. FOS dari hasil simulasi ini menunjukkan bahwa material aman digunakan karena  $FOS > 1.5$ .



Gambar 15. Min FOS

## 5. SIMPULAN

Dari hasil simulasi dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Nilai nilai tegangan maksimum yang didapat adalah sebesar 52.649 MPa. Nilai tersebut berada dibawah nilai *yield strength* material AISI 1035 sebesar 282.685049 MPa yang dapat disimpulkan bahwa material ini aman digunakan.
2. Nilai faktor keselamatan yang didapat dominan sebesar 5.369 yang juga menunjukkan bahwa material ini dapat digunakan dengan aman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan yang tinggi disampaikan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan bantuan dana penelitian tugas akhir. Dan juga ucapan terima kasih kepada pembimbing saya Bapak Singgih Satrio Wibowo dan Bapak Heri Widiatoro yang selalu memberikan dukungan dan arahan kepada saya dalam menyelesaikan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Tianchang, "Composition and Application of Aircraft Towing Tractor Automatic Control System," *Engineering and Applied Sciences*, vol. 4, pp. 2-3, 2019.
- [2] acairtechnology, "Ac Tractech T2V2 - For a Single Wheel," [Online]. Available: <https://acairtechnology.com/collection/s/large-tugs/products/ac-tracktech-t2v2-for-a-single-wheel>. [Accessed 4 Mei 2022].
- [3] H. Projects, "Analisis Struktur," PT Hesa Laras Cemerlang, 15 February

2021. [Online]. Available:  
<https://hesa.co.id/?s=analisis+struktur>.  
[Accessed 21 Februari 2022].
- [4] Wesli, Mekanika Rekayasa,  
Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [5] R. C. Hibbeler, Engineering  
Mechanics, 13th ed., New Jersey:  
Pearson Education, 2013.
- [6] R. A. Ishak and Imriyanti, Mekanika  
Teknik, Makasar: Universitas  
Hasanudin, 2014.
- [7] Ferdinand, Beer and dkk, Mekanika  
Untuk Insinyur Statik, Jakarta:  
Erlangga, 1989.
- [8] D. D. Pradana, "Desain dan Kajian  
Kekuatan Struktur Towing Tug  
Remote Control Untuk Pesawat  
Cessna 172 Menggunakan  
Solidworks," Politeknik Negeri  
Bandung, Bandung, 2020.
- [9] A. Kurniawan, "Analisis Kekuatan  
Struktur Crane Hook," Universitas  
Bengkulu, Bengkulu, 2014.
- [10] C. Bernstein, "Factor of Safety," Mei  
2018. [Online]. Available:  
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/factor-of-safety-FoS>.  
[Accessed 21 Februari 2022].
- [11] C. T. Modlin and J. Zipay, "The 1.5 &  
1.4 Ultimate Factors of Safety for  
Aircraft & Spacecraft," Februari 2014.  
[Online]. Available:  
[www.ntrs.nasa.gov/api/citations/2014  
0011147](http://www.ntrs.nasa.gov/api/citations/20140011147). [Accessed 30 Februari  
2022].
- [12] R. R. Maulana, "Rancang Bangun  
Alat Towing Tug Remote Control  
untuk Pesawat Cessna 172 : Kaji  
Struktur," Seminar Nasional Industri  
dan Teknologi (SNIT), Politeknik  
Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2021.
- [13] A. Chan and T. Haeggstrom, "Aircraft  
Tug Single Pivot Cradle". United  
States of America Patent US  
11,312,504 B2, 26 April 2022.