

# ANALISIS STATIK PENGARUH VARIASI MATERIAL RANGKA KURSI RODA HEWAN LIPAT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

**Zakhratul Khaira**

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses,  
Institut Teknologi Kalimantan  
Jl. Soekarno Hatta Km. 15, Balikpapan, Kalimantan Timur 76127  
zakhratulkhaira@gmail.com

## Abstrak

Kelumpuhan jangka panjang akan memiliki efek samping pada kesehatan dan kualitas hidup hewan. Untuk meningkatkan mobilitas, kualitas hidup hewan lumpuh, dan memberikan alternatif pendekatan yang lebih hemat dari biaya untuk operasi, maka dirancang sebuah kursi roda hewan. Kursi roda hewan yang digunakan diharapkan memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik serta aman digunakan agar memudahkan hewan dalam beraktivitas. Pada penelitian ini dilakukan analisis pembebanan statik sebesar 60 N, 70 N, dan 80 N pada rangka kursi roda hewan untuk mendapatkan nilai tegangan, deformasi, dan faktor keamanan dengan membandingkan material rangka kursi roda hewan yang terbuat dari Aluminium 6063-T5 dan PVC dengan mengaplikasikan Metode Elemen Hingga menggunakan perangkat lunak berbasis Computer Aided Engineering (CAE). Setelah dilakukan pengujian, didapatkan bahwa nilai tegangan terbesar terjadi pada Aluminium 6063-T5 pembebanan 80 N sebesar 69.76 MPa, nilai deformasi terbesar terjadi pada PVC pembebanan 80 N sebesar 7.95 cm, dan nilai faktor keamanan terbesar terjadi pada Aluminium 6063-T5 pembebanan 60 N sebesar 2.8 yang dapat dikatakan berkualitas baik. Ketiga variabel ini dipengaruhi oleh nilai pembebanan dan modulus elastisitas, dimana nilai modulus elastisitas pada Aluminium 6063-T5 lebih besar dibandingkan PVC. Berdasarkan pengujian tersebut, maka perancangan rangka kursi roda hewan lipat disarankan menggunakan Aluminium 6063-T5.

**Kata Kunci:** deformasi, faktor keamanan, kursi roda hewan lipat, metode elemen hingga, tegangan

## Abstract

Disability caused limited mobility to carry out daily activities and recovery process, in long term, it will cause side effects on the animal physical health. To increase mobility and provide a more cost-effective alternative to surgery, therefore the purpose of this study was to design an animal wheelchair. An animal wheelchair is expected to have strength and excellent durability for easier mobility. In this study, an animal wheelchair frame will be given a static load of approximately 60 N, 70 N, and 80 N to obtain the value of stress, displacement, and factor of safety to compare animal wheelchair frame material constructed using Aluminum 6063-T5 and PVC with Computer-Aided Engineering (CAE) software based on Finite Element Analysis. The result shows that the highest stress value occurs at Aluminum 6063-T5 with 80 N static load is 69.76 MPa, the most significant displacement occurs at PVC with 80 N static load is 7.95 cm, and the highest factor of safety value occurs at Aluminum 6063-T5 with 60 N static load is 2.8, which has a good quality. These three variables are highly affected by the value of loads and modulus of elasticity from the material, where Aluminum 6063-T5's value of modulus of elasticity are higher than PVC's. In conclusion, designing a foldable animal wheelchair is recommended using Aluminum 6063-T5.

**Keywords:** displacement, factor of safety, finite element analysis (fea), foldable animal wheelchair, stress

## PENDAHULUAN

Menurut hasil survei *online* yang dilakukan oleh Rakuten Insight pada tahun 2021 mengenai kepemilikan hewan peliharaan di Asia, sekitar 3 dari 5 orang memiliki hewan peliharaan. Tiga jenis hewan peliharaan yang paling banyak dimiliki yaitu 32% anjing, 26% kucing, dan 15% ikan. Bahkan, hampir 50% dari populasi Indonesia memiliki kucing. Hasil survei tersebut menunjukkan pesatnya perkembangan minat untuk memelihara hewan khususnya di Indonesia. Hal ini berbanding lurus dengan meningkatnya populasi hewan seperti kucing dan anjing [1]. Peta persebaran lokasi yang menjadi rumah untuk kucing dan anjing ini pun juga beragam, ada yang tinggal bersama majikan yang memeliharanya, menetap di rumah singgah hewan (*shelter*), dan sebagian nasib hewan yang kurang beruntung tersebut tinggal di jalanan menjadi hewan liar. Tidak sedikit dari kucing dan anjing yang tinggal di jalanan tersebut yang mengalami nasib malang seperti penganiyaan hingga ditabrak oleh kendaraan. Salah satunya menjadi lumpuh bahkan lumpuh permanen karena mengalami patah tulang dan komplikasi lainnya. Selain harus menanggung rasa sakit yang berketetapan, kelumpuhan anggota gerak seperti tangan maupun kaki menjadi sulit dalam menjalankan aktivitas sehari-hari dan proses pemulihan pun terhambat. Dalam jangka panjang tentu akan memiliki efek samping pada kesehatan dan kualitas hidup hewan tersebut. Kelumpuhan

pun tidak hanya dirasakan oleh hewan yang mengalami kecelakaan, beberapa hewan juga mengalami kelumpuhan yang diakibatkan oleh faktor internal seperti kerusakan pada otot, tulang, syaraf, maupun akibat penuaan usia yang menyebabkan menurunnya kemampuan untuk berjalan [2]. Untuk meningkatkan mobilitas, kualitas hidup hewan lumpuh, dan memberikan alternatif pendekatan yang lebih hemat dari biaya untuk operasi, maka dirancanglah sebuah kursi roda hewan. Kursi roda hewan yang digunakan diharapkan memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik serta aman digunakan agar memudahkan hewan dalam beraktivitas. Selain desain, maka pemilihan material yang digunakan pun juga merupakan hal yang krusial. Pada proses produksi kursi roda hewan, terdapat dua jenis material yang sering digunakan sebagai rangka yaitu Aluminium dan PVC, keduanya memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai analisis statik pengaruh variasi material rangka kursi roda hewan lipat terhadap nilai tegangan, deformasi, dan nilai faktor keamanan. Menganalisis rancangan akan dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE) dengan *Finite Element Analysis* (FEA). Penambahan fitur *foldable* atau dapat dilipat ini merupakan inovasi perancangan pada penelitian ini, yang mana membedakan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Kursi roda hewan dengan fitur *adjustable* atau ukurannya

dapat disesuaikan merupakan hasil penelitian oleh Fowler (2008) yang lalu dimanufaktur menggunakan material PVC dan mendapat nilai tegangan sebesar 7500 psi [3]. Penelitian yang dilakukan oleh Montgomery dkk. (2020) yaitu merancang dan memanufaktur kursi roda hewan yang dirancang khusus untuk Aspen, anjing yang disabilitas, dimana dari penelitian ini didapatkan tegangan sebesar 8784 psi dan faktor keamanan 4.6 [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Panchal dkk. (2020) yaitu merancang dan memanufaktur kursi roda hewan bermaterial PVC yang ukurannya dapat disesuaikan atau *adjustable* dengan tujuan biaya pembuatan yang murah [5].

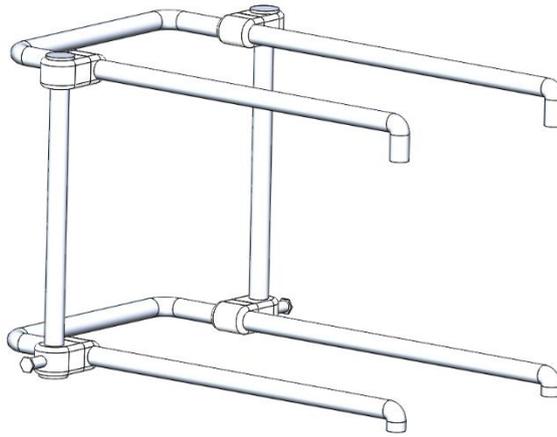
## METODE PENELITIAN

Perancangan kursi roda hewan ini dilandaskan oleh Paten No. CN207476628U oleh Liang Zhifeng tahun 2017 dengan judul paten yaitu “A Kind of Animal Wheelchair” dengan berbagai tambahan sesuai kebutuhan [6]. Kursi roda hewan yang dapat dilipat merupakan inovasi perancangan pada penelitian ini. Kursi roda hewan yang akan dirancang memiliki dua roda besar di

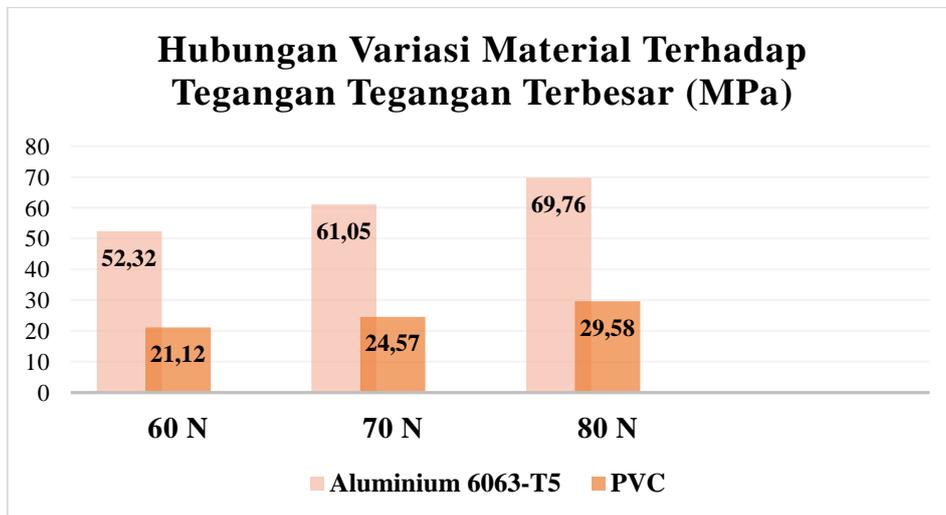
belakang, dua roda kecil di depan, rangkanya berbentuk huruf u, terdapat *harness*, dilengkapi dengan *safety gear* seperti penggantung kedua tungkai dan sabuk untuk dada depan hewan (Gambar 1). Ukuran rangka kursi roda hewan akan menyesuaikan pada ukuran badan hewan yaitu panjang dan tingginya. Hewan yang akan menjadi modelnya yaitu Anjing Ras Cavalier King Charles Spaniel yang memiliki variasi massa badan 6 kg, 7 kg, dan 8 kg [7]. Rancangan kursi roda hewan yang digambar selanjutnya akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE) dengan *Finite Element Analysis* (FEA). Analisis yang dilakukan berupa pembebanan statik pada tegangan *von mises*, deformasi, dan uji faktor keamanan dengan batas nilai 2. Adapun material yang digunakan adalah Aluminium 6063-T5 yang merupakan aluminium dengan proses pendinginan menggunakan media udara dan PVC, yang mana kedua material tersebut merupakan material yang seringkali digunakan dalam memanufaktur kursi roda hewan. Sifat Mekanik dari material Aluminium 6063-T5 dan PVC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik Material Aluminium 6063-T5 dan PVC [8]

Properti	Aluminium 6063-T5	PVC
Massa Jenis	2700 kg/m <sup>3</sup>	1300 kg/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	69000 MPa	2410 MPa
Tegangan Luluh ( <i>Yield Strength</i> )	145 MPa	51,71 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	186,16 MPa	55,16 MPa
<i>Tensile Strength</i>	185 MPa	40,7 MPa
Rasio Poisson	0,33	0,3825



Gambar 1. Rancangan Rangka Kursi Roda Hewan Lipat



Gambar 2. Grafik Hasil Simulasi Tegangan Terbesar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis simulasi dilakukan dengan memanfaatkan fitur statik pada perangkat lunak berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE). Pada penelitian ini terdapat tiga variabel dependen yang digunakan yaitu uji tegangan, uji deformasi, dan uji faktor keamanan dengan pembebanan statik sebesar 60 N, 70 N, dan 80 N pada material Aluminium 6063-T5 dan PVC.

## Analisis Tegangan (*Stress*)

Analisis tegangan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan rangka kursi roda hewan lipat terhadap beban statik. Hasil analisis tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar nilai pembebanan yang diberikan maka nilai tegangan yang didapat juga akan semakin besar sesuai dengan Persamaan (1):

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

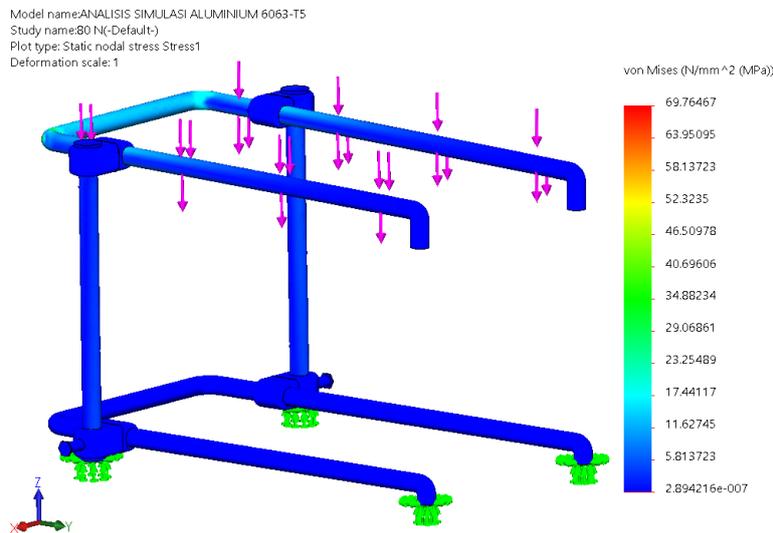
Nilai tegangan juga dipengaruhi oleh nilai modulus elastisitas (E) pada material, semakin besar nilai modulus elastisitas pada material maka akan memperbesar nilai tegangan, sedangkan semakin kecil nilai modulus elastisitasnya maka akan memperkecil nilai tegangannya, dengan nilai modulus elastisitas pada Aluminium 6063-T5 sebesar 69000 MPa dan modulus elastisitas PVC sebesar 2410 MPa [8], hal ini sesuai dengan Persamaan (2):

$$\sigma = E \varepsilon \quad (2)$$

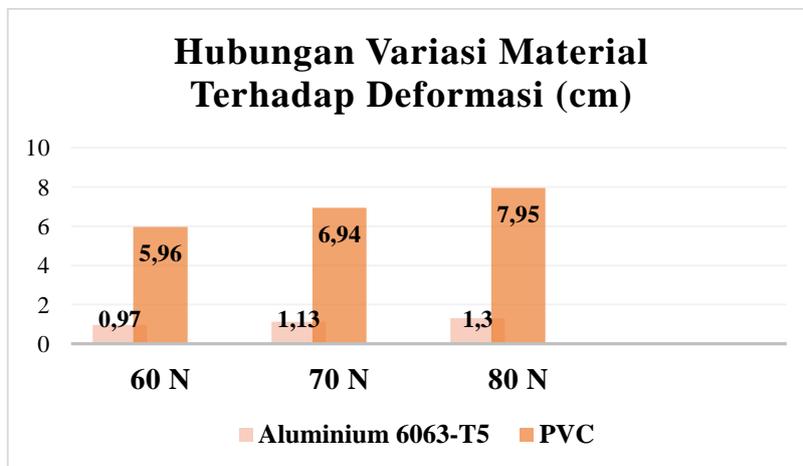
Dari uji simulasi yang telah dilakukan, tegangan paling besar terjadi pada material Aluminium 6063-T5 dengan pembebanan 80 N yaitu sebesar 69,76 MPa seperti terlihat pada Gambar 3.

### Analisis Deformasi (*Displacement*)

Analisis deformasi ini dilakukan untuk mengetahui besarnya perubahan bentuk material yang terjadi pada rangka kursi roda hewan lipas akibat tegangan oleh beban statik. Hasil analisis deformasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Uji Tegangan Rangka Kursi Roda Hewan Lipat Material Aluminium 6063-T5 Dengan Pembebanan 80 N



Gambar 4. Grafik Hasil Simulasi Deformasi

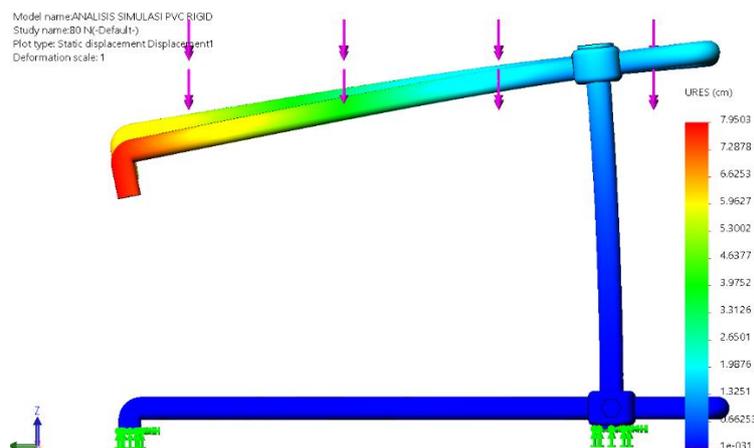
Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar nilai pembebanan yang diberikan maka besarnya deformasi yang didapat juga akan semakin besar sesuai dengan persamaan  $\delta = PL/AE$  dan besarnya deformasi juga dipengaruhi oleh nilai modulus elastisitas pada material, semakin besar nilai modulus elastisitas pada material maka akan memperkecil nilai deformasi, sedangkan semakin kecil nilai modulus elastisitasnya maka akan memperbesar nilai deformasi, hal ini sesuai dengan persamaan pada  $\delta = PL/AE$ . Dari uji simulasi yang telah dilakukan, deformasi terbesar terjadi pada material PVC dengan pembebanan 80 N yaitu sebesar 7,95 cm seperti pada Gambar 5.

Deformasi yang terjadi pada material Aluminium 6063-T5 dapat dikatakan mengalami deformasi elastis karena nilai

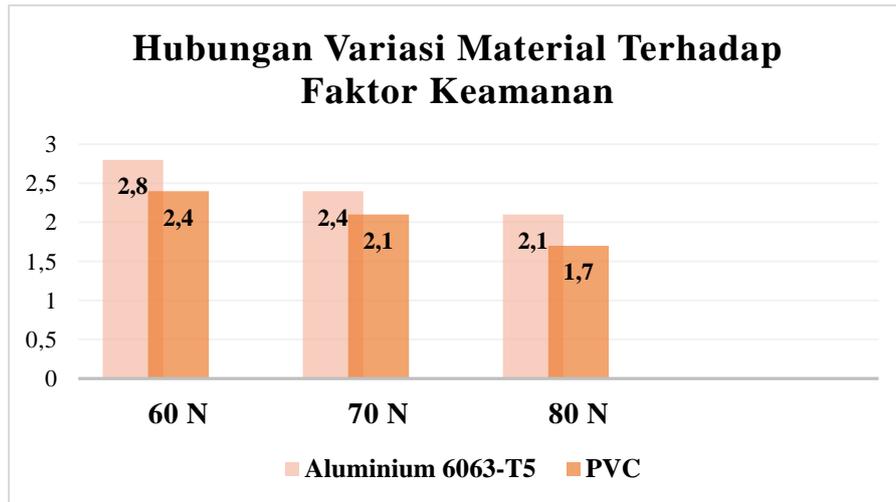
tegangan yang didapatkan sebelumnya tidak melampaui nilai tegangan luluhnya yaitu 145 MPa. Pada material PVC juga mengalami deformasi elastis dikarenakan oleh tegangan yang didapatkan sebelumnya tidak melampaui nilai tegangan luluhnya yaitu 51,71 MPa. Dari deformasi elastis yang terjadi, jika beban tersebut dihilangkan, maka material dapat kembali ke posisi semula, namun dengan besarnya deformasi yang terjadi pada material PVC, ia tidak disarankan agar material terhindar dari deformasi permanen [9].

#### Analisis Faktor Keamanan (*Factor of Safety*)

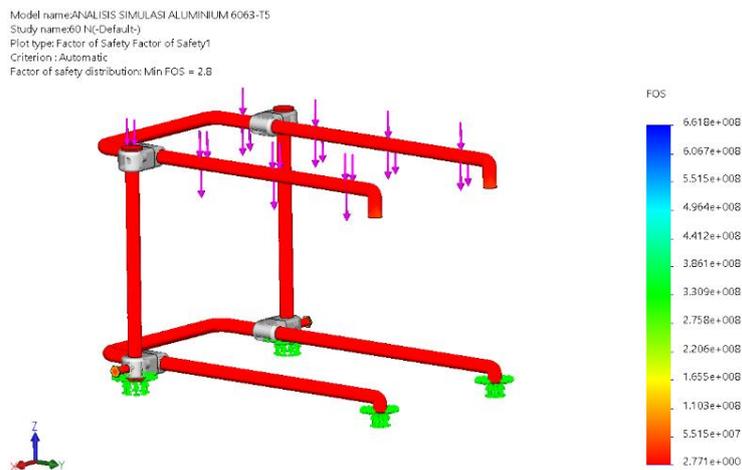
Analisis faktor keamanan ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan dan tingkat keamanan pada rangka kursi roda hewan lipat. Hasil analisis faktor keamanan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Uji Deformasi Rangka Kursi Roda Hewan Lipat Material PVC Dengan Pembebanan 80 N



Gambar 6. Grafik Hasil Simulasi Faktor Keamanan



Gambar 7. Hasil Uji Faktor Keamanan Rangka Kursi Roda Hewan Lipat Material Aluminium 6063-T5 Dengan Pembebanan 60 N

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai pembebanan yang diberikan maka nilai faktor keamanan yang didapat juga akan semakin kecil dimana hubungan antara faktor keamanan dengan pembebanan sesuai dengan persamaan  $\sigma = F/A$  dan  $FoS = \sigma_y/\sigma$ , berdasarkan persamaan ini juga, faktor keamanan juga dipengaruhi oleh tegangan luluh, dengan semakin besarnya nilai tegangan luluh materialnya maka nilai faktor keamanan yang didapat juga akan semakin besar dengan nilai tegangan luluh material Aluminium

6063-T5 lebih besar daripada PVC, dan rancangan rangka kursi roda hewan lipat pada material Aluminium 6063-T5 yang diberikan pembebanan 60 N, 70 N, 80 N dan material PVC yang diberikan pembebanan 60 N dan 70 N memiliki nilai faktor keamanan masih di atas batas faktor keamanan yang ditetapkan yaitu 2. Dari uji simulasi yang telah dilakukan, nilai faktor keamanan terbesar terjadi pada material Aluminium 6063-T5 dengan pembebanan 60 N yaitu sebesar 2,8 seperti pada Gambar 7.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari kedua variasi material yang digunakan pada uji tegangan, didapatkan bahwa pengaruh variasi material rangka kursi roda hewan lipat terhadap nilai tegangan yaitu pada nilai pembebanan dan modulus elastisitas materialnya. Semakin besar nilai modulus elastisitas pada material maka akan memperbesar nilai tegangan, sedangkan semakin kecil nilai modulus elastisitasnya maka akan memperkecil nilai tegangannya. Semakin besar nilai pembebanan pada suatu material, maka nilai tegangan yang didapatkan akan semakin besar. Tegangan paling besar terjadi pada material Aluminium 6063-T5 dengan pembebanan 80 N yaitu sebesar 69,76 MPa karena memiliki nilai modulus elastisitas lebih besar daripada PVC. Pada uji deformasi, didapatkan bahwa pengaruh variasi material rangka kursi roda hewan lip at terhadap besarnya deformasi yaitu pada struktur rangka dan nilai pembebanan serta modulus elastisitas pada materialnya. Semakin besar nilai pembebanan yang diberikan maka besarnya deformasi yang didapat juga akan semakin besar, Semakin besar nilai modulus elastisitas pada material maka akan memperkecil nilai deformasi, sedangkan semakin kecil nilai modulus elastisitasnya maka akan memperbesar nilai deformasi. Deformasi terbesar terjadi pada material PVC dengan pembebanan 80 N yaitu sebesar 7,95 cm dimana modulus elastisitas PVC lebih kecil daripada material Aluminium 6063-T5. Pada uji faktor keamanan, didapatkan bahwa

pengaruh variasi material rangka kursi roda hewan lipat terhadap nilai faktor keamanan yaitu pada nilai pembebanan dan tegangan luluh materialnya. Semakin besar nilai pembebanan yang diberikan maka nilai faktor keamanan yang didapat akan semakin kecil. Semakin besar nilai tegangan luluh pada suatu material, maka nilai faktor keamanan yang didapatkan akan semakin besar. Nilai faktor keamanan terbesar terjadi pada material Aluminium 6063-T5 dengan pembebanan 60 N yaitu sebesar 2,8 karena memiliki nilai tegangan luluh lebih besar daripada PVC.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah uji kelelahan (*fatigue analysis*), analisis dinamik, maupun pengujian lainnya, membandingkan dengan material lain, menambah fitur lain seperti menyesuaikan ukuran (*adjustable*) pada kursi roda hewan lipat atau menambah sistem *suspense*. Selain itu, penelitian dapat dikembangkan dengan melakukan perancangan ulang kursi roda hewan lipat agar kursi roda hewan dapat terlipat dengan baik, melakukan penelitian kursi roda hewan lipat yang diperuntukkan kepada hewan yang memiliki variasi massa badan berkategori sedang dan besar, juga dapat dilakukan rancang bangun sebuah kursi roda hewan lipat agar mengetahui performanya saat digunakan oleh hewan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Insight, "Pet ownership in Asia," *insight.rakuten.com*, Feb. 27, 2021. [Daring]. Available:

- <https://insight.rakuten.com/pet-ownership-in-asia/>. [Diakses: 10 November 2021].
- [2] N. Olby, "The pathogenesis and treatment of acute spinal cord injuries in dogs," *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, vol. 5, no. 40, hal. 791 – 807, 2010.
- [3] E. B. Fowler, "Design, analysis, and development of cost-effective canine wheelchairs," *thesis*, University of Louisville, Louisville, KY, 2008.
- [4] J. Montgomery, K. Thomas, dan P. Johnson, "Final design review report: the underdogs," *thesis*, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, 2020.
- [5] I. Panchal, A. Devta, dan A. Pandey, "Development and modification of existing canine wheelchair into cost effective model," *In Proc. 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications*, hal. 905 – 911, 2020.
- [6] L. Zhifeng, "A kind of animal wheelchair," China Patent CN207476628U, 19 Oktober 2017.
- [7] B. Maddock, "Cavalier King Charles Spaniel," *dimensions.com*, 22 Agustus 2021. [Daring]. Available: <https://www.dimensions.com/element/cavalier-king-charles-spaniel>. [Diakses: 8 November 2021].
- [8] Matweb, "Aluminum 6063-T5", 2021. [Daring]. Available : <https://matweb.com>. [Diakses: 6 November 2021].
- [9] B. J. Goodno dan J. M. Gere, *Mechanics of Materials*, 9th ed. Boston: Cengage Learning, 2018. [E-book] Available: Google Books.