

SIMULASI MODEL PROTOTYPE KAKI PALSU HEWAN KUCING DENGAN SOFTWARE FUSION 360

Jhon Michel¹, Sobron Yamin Lubis², Didi Widya Utama³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta*

Email: jhon.515200003@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: sobron1@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: didiu@ft.untar.ac.id

Masuk : 30-09-2024, revisi: 09-10-2024, diterima untuk diterbitkan : 10-10-2024

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada rapid prototyping khususnya pada mesin 3d printing akhir-akhir ini sangatlah pesat. Jika dilihat dari pengaplikasian 3d printing yang sudah memasuki berbagai bidang kebutuhan manusia seperti bidang otomotif, bidang peralatan rumah tangga, dan bidang kesehatan. Pada bidang medis teknologi 3d printing tidak hanya di implementasikan pada subject manusia saja, melainkan juga pada hewan. Hal tersebut mendorong penelitian ini untuk membuat prototype dari teknologi 3D printing yang dapat membantu hewan disekitar khususnya kucing liar. Penelitian ini bergerak pada pembuatan prototype kaki palsu untuk hewan kucing yang mudah untuk digunakan dan ekonomis. Tahapan pertama dalam pembuatan prototype kaki palsu hewan kucing adalah sketch 2D dan 3D sketch dengan software Autodesk Fusion 360. Fusion 360 adalah salah satu program computer aided design yang dapat membuat desain 3D dan simulasi. Pada fusion 360 juga dilakukan simulasi *static stress* dan *non linear stress* untuk menentukan apakah model dapat menopang beban yang diinginkan. Untuk menentukan variable beban kaki kucing dilakukan percobaan menimbang beban kaki kucing dengan kondisi 1 kaki berdiri tegak dan kondisi beban yang diterima kaki kucing disaat mendarat dari ketinggian 50cm. Data tersebut diolah dan dimasukkan kedalam simulasi fusion 360. Dari 2 simulasi menghasilkan kondisi model yang cukup baik untuk menerima beban yang diinginkan dan dapat dilanjutkan ke proses 3d printing. Prototype kaki palsu hewan kucing ini diharap dapat menjadi opsi lain untuk kucing yang tidak memiliki alat gerak dengan biaya yang lebih efisien dan ekonomis.

Keywords: 3D Printing, Repid Prototyping, Model Prototype, Autodesk Fusion 360, Kaki Palsu Hewan Kucing.

ABSTRACT

The development of technology in rapid prototyping, especially in 3D printing machines, has recently been very rapid. If you look at the application of 3D printing, it has entered various fields of human needs, such as the automotive sector, household appliances and health. In the medical field, 3D printing technology is not only implemented on human subjects, but also on animals. This prompted this research to create a prototype of 3D printing technology that can help local animals, especially wild cats. This research is engaged in making a prototype prosthetic leg for cats that is easy to use and economical. The first stage in making a cat prosthetic leg prototype is a 2D and 3D sketch using Autodesk Fusion 360 software. Fusion 360 is a computer aided design program that can create 3D designs and simulations. In Fusion 360, static stress and non-linear stress simulations are also carried out to determine whether the model can support the desired load. To determine the variable weight of the cat's feet, an experiment was carried out to weigh the weight of the cat's feet with the condition of 1 foot standing upright and the condition of the load received by the cat's feet when landing from a height of 50 cm. The data is processed and entered into the fusion 360 simulation. The 2 simulations produce model conditions that are good enough to accept the desired load and can proceed to the 3D printing process. It is hoped that this prototype cat prosthetic leg can be another option for cats that do not have mobility equipment at a more efficient and economical cost.

Keyword: 3D Printing, Repid Prototyping, Model Prototype, Autodesk Fusion 360, Prosthetic limbs of cat animals.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada rapid *prototyping* khususnya pada mesin 3d *printing* akhir-akhir ini sangatlah pesat. Dilihat dari pengaplikasian 3d *printing* yang sudah memasuki berbagai bidang kebutuhan manusia seperti bidang otomotif, bidang perlatan rumah tangga, hingga bidang kesehatan. Sobron Yamin Lubis (2016) Perkembangan pada bidang teknologi *rapid prototyping* banyak memberikan kontribusi pada beberapa bidang keilmuan, dalam bidang medis, pengaplikasian *rapid prototyping* sangat memudahkan dalam pembentukan organ pengganti yang rusak (Lubis 2016). Pada bidang medis teknologi 3d *printing* tidak hanya di implementasikan pada *subject* manusia saja, melainkan hewan juga dapat menggunakan teknologi 3d *printing*. Sebagai contoh penambahan paruh buatan pada burung yang mengalami kecacatan atau kecelakaan yang mengakibatkan sebagian paruhnya tidak dapat berfungsi ataupun rusak.

Melihat hal tersebut mendorong penelitian ini untuk membuat *prototype* dari teknologi 3D *printing* yang dapat membantu hewan disekitar. Banyaknya kucing liar yang dapat dijumpai khususnya di daerah jakarta membuat penelitian ini bergerak pada pembuatan *prototype* kaki palsu untuk hewan kucing yang mudah untuk digunakan dan ekonomis. Pemodelan 3d pada proses 3d *printing* kaki kucing memerlukan data berat kucing keseluruhan dan juga data berat tumpuan yang akan dibebani kaki *prototype*. Setelah mendapatkan data nantinya akan digunakan untuk menjadi acuan pembuatan model kaki kucing. Data tersebut digunakan untuk pembuatan model 3D dan simulasi beban yang akan diterima pada model kaki kucing menggunakan *software* fusion 360.

Hasil dari desain fusion 360 akan dilakukan simulasi terlebih dahulu sebelum masuk ketahapan 3d Printing, hal ini bertujuan untuk mengurangi kegagalan model dalam proses 3d *printing* dan juga kegagalan model dalam penggunaannya nanti. Tahap simulasi menjadi tahapan yang sangat penting, dikarenakan proses *rapid prototyping* akan menjadi lebih mudah dan terarah untuk model *prototype*.

Prototype kaki palsu hewan kucing dapat menjadi solusi untuk kucing yang mengalami kecacatan pada organ geraknya, khususnya kaki depan. Penggunaan material PLA ABS membuat model ini dapat dicetak oleh siapa saja dan memiliki ketahanan dan keelastisitasan yang sudah cukup unuk sebuah prostetik pada hewan. Dengan adanya penelitian ini, Penulis berharap dapat membantu para pecinta hewan kucing yang memiliki masalah pada kondisi kucing yang mengalami kecacatan pada kaki depannya yang kemudian dapat memudahkan untuk melakukan pembuatan kaki palsu hewan kucing kedepannya.

Penelitian ini memiliki beberap fokus yang menjadi perhatian utama, hal ini menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini. Sebagai berikut; (a) Bagaimana desain dari kaki palsu hewan kucing yang akan disimulasikan; (b) bagaimana hasil desain kaki palsu hewan kucing yang akan disimulasikan menahan beban aktifitas kucing dalam beraktifitas; (c) bagaimana proses menentukan model yang ideal untuk dilakukan pengaplikasian pencetakan depannya?

2. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan persiapan bahan dan peralatan yang digunakan untuk melakukan pembuatan model *prototype* kaki palsu untuk hewan kucing dan juga pengujian model menggunakan simulasi Fusion 360. Material yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah Filament ABS yang sering digunakan pada proses 3d *printing* . Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu perangkat lunak dan perangkat keras. berikut perangkat

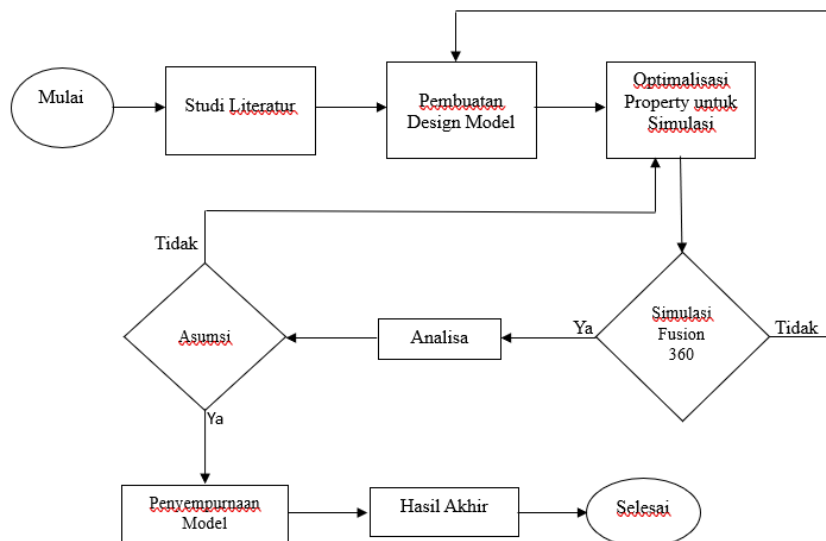
lunak yang digunakan adalah *Software* Autodesk Fusion 360. Lalu perangkat keras yang digunakan adalah laptop berbasis windows 11 yang digunakan untuk mendesain model *prototype*, tablet berbasis IOS yang digunakan untuk mengukur secara virtual, alat ukur konvensional seperti jangka sorong, meteran tubuh, printer 3D yang ada pada laboratorium robotic Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.



Gambar 1. Laboratorium robotic Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Tahapan penelitian

Dalam pembuatan sebuah penelitian pembuatan model *prototype* perlu ditentukan langkah-langkah pengerjaannya. berikut tahapan penelitian pembuatan model *prototype* kaki palsu hewan kucing.



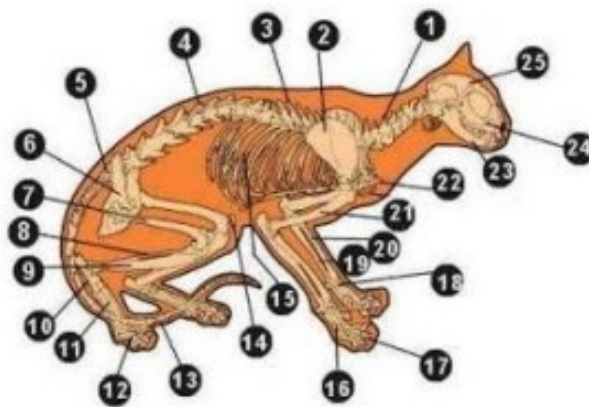
Gambar 2. Diagram Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi literatur tentang pemebntukan geometri kaki hewan kucing yang didesain lalu dilakukan pembuatan model desain *prototype*. Selanjutnya menentukan property untuk dilakukan simulasi seperti menimbang beban kaki yang diterima hewan kucing dalam beberapa kondisi menjadi data table dan grafik. Setelah data beban sudah didapatkan dilakukan

simulasi fusion 360 untuk dianalisa apakah model dapat menerima beban yang diperlukan untuk kaki hewan kucing bila (Ya) penelitian dilanjutkan pada analisa, bila (Tidak) penelitian kembali ketahap pembuatan desain simulasi. Pada tahapan asumsi jika material model simulasi (Tidak) memenuhi kriteria maka kembali pada tahap optimalisasi property untuk simulasi, bila (Ya) dilanjutkan pada tahapan penyempurnaan bentuk model dan hasil akhir.

Bentuk anatomi Hewan Kucing

Kucing dewasa biasanya memiliki berat badan dikisaran 2 hingga 7 kilogram. Kucing dapat hidup selama 15 hingga 20 tahun. Sebagai makhluk hidup aktif kucing memiliki alat gerak dimana yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Alat gerak kucing terdiri dari 4 buah kaki yang menopang berat badannya. Salah satu keistimewaan kaki kucing adalah kemampuan untuk melakukan gerakan meloncar dan mendarat dari tempat tinggi tanpa mengalami cedera . hal ini dikarenakan energi kinetik benturan pada saat jatuh/mendarat dapat diserap oleh struktur sendi dan juga otot yang menyelimuti seluruh kerangka dan tubuh kucing. Penelitian ini berfokus pada pergantian anggota gerak hewan kucing khususnya pada bagian kaki depan.



Gambar 3. Kerangka tubuh hewan kucing
Sumber: Lykasal Cat Lovers: Cat Anatomy (archive.org)

Penelitian berfokus pada pergantian anggota gerak hewan kucing khususnya pada bagian kaki depan seperti yang terlihat pada gambar nomer 16. *Meta carpus* atau telapak kaki, 17. cakar, 18. *Carpus* atau pergelangan kaki depan dan 19. *Ulna* atau tulang kaki depan.

Model 3D *prototype* kaki palsu hewan kucing pada *Fusion 360*

Pada *Fusion 360 CAD* memiliki beberapa tahapan proses seperti *preprocessing step*, *solving* dan *post-processing step*. Dalam *pre-processing* perancangan memodelkan fisik geometri. Pada *solving step* mengolah *variable* yang dibutuhkan. *Post processing* menampilkan hasil *variable* yang diperlukan untuk menentukan titik fatal yang memerlukan perubahan bentuk atau struktur. keunggulan menggunakan simulasi *Fusion 360* terletak pada pengurangan biaya untuk produk pengembangan, mempersingkat waktu pengembangan dan meningkatkan kualitas dan daya tahan produk. Selain itu, pengguna dapat menyesuaikan keputusan desain mereka berdasarkan dampak desain terhadap kinerja. Penggunaan simulasi komputer dalam pengujian *prototype* dapat menjamin penilaian dan optimalisasi desain yang lebih benar.

Pembuatan model *prototype* kaki kucing diperlukan studi literatur yang membahas seputar kaki palsu pengganti alat gerak hewan kucing. Pada penelusuran kaki palsu hewan kucing banyak hal yang bisa ditambahkan dari segi estetika, ekonomis, dan juga efisiensi dalam penggunaannya.



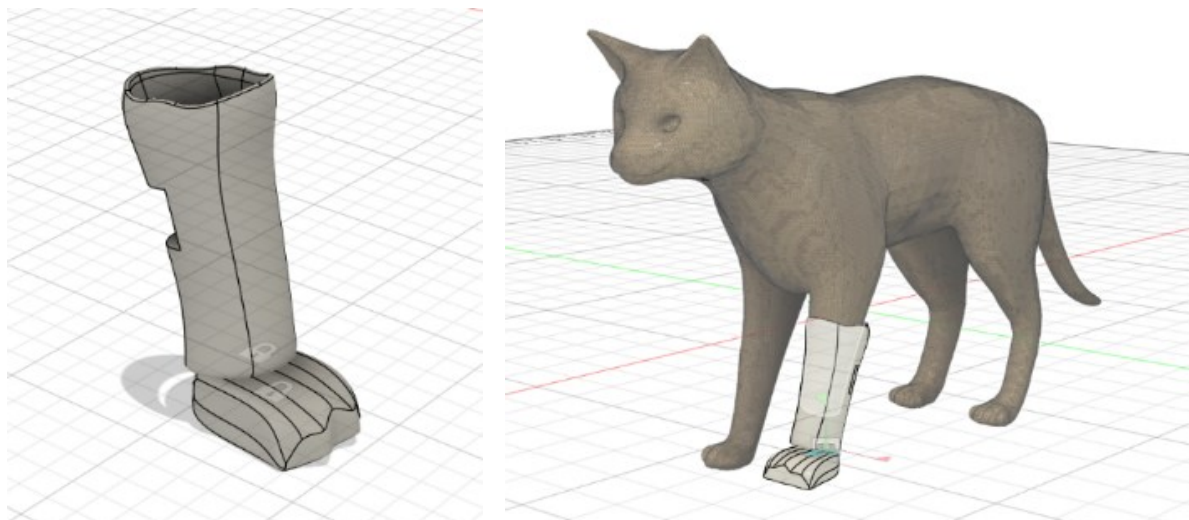
Gambar 4. *3D printing titanium prosthetics*

Sumber: Ryzhik the cat, who lost all four paws and received 3-D-printed titanium prosthetics in 2019, is seen at a veterinarian clinic in Novosibirsk, Russia, on February 2, 2020.

Dilakukan pemodelan dengan referensi model fungsional seperti pada gambar 2.2 dimana penggunaan *3D printing* berada pada alas atau tumpuan dasar kaki kucing. Sedangkan yang berhubungan langsung dengan tubuh kucing adalah pin penghubung yang terbuat dari bahan titanium.

Pemodelan kaki kucing

Pembuatan model *prototype* kaki palsu hewan kucing dibagi menjadi 2 tahapan. Tahapan pertama *sketch* 2D dengan kertas dan perangkat digital. Pada tahapan ini studi literatur tentang anatomi hewan kucing dilakukan dan penggambaran kasar dilakukan untuk membentuk dasar *prototype* kaki palsu yang selanjutnya di implementasikan pada *Fusion 360* menjadi bagian 2D terlebih dahulu. Tahapan selanjutnya *3D sketch* dengan *Fusion 360*. Dari bentuk dasar 2D yang sudah dibuat menjadi *object* 3D dengan fitur *extrude*, *revolve*, *sweep*, *loft*, dan fitur lainnya yang digunakan untuk membentuk *prototype* dapat menyerupai bentuk dari organ kaki hewan kucing.



Gambar 5. Model *Prototype* 3D kaki palsu kucing

Prototype kaki palsu ini dibentuk seperti sepatu untuk kucing, dimana penggunaan alat bantu ini mempermudah pemasangan kaki palsu kepada kucing tanpa memerlukan tahapan operasi.

Penimbangan beban yang diterima pada kaki kucing

Penelitian yang dilakukan pada mulanya memerlukan data berat yang ditumpu oleh kaki kucing. Kriteria kucing yang dijadikan *subject* penelitian adalah kucing domestik dengan berat 5kg, sebagai pertimbangan kucing *domestic* lebih sering ditemui baik yang dipelihara maupun yang berada liar diluarsana. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital dengan melakukan 2 kondisi. Dimana kondisi pertama menimbang 1 kaki kucing yang menopang seluruh badan pada kondisi berdiri, kondisi kedua adalah dengan melakukan simulai kondisi beban tumpuan kaki kucing bila mendarat dari ketinggian 50 cm pada kaki kucing.



Gambar 6. Penimbangan kaki kucing kondisi 1

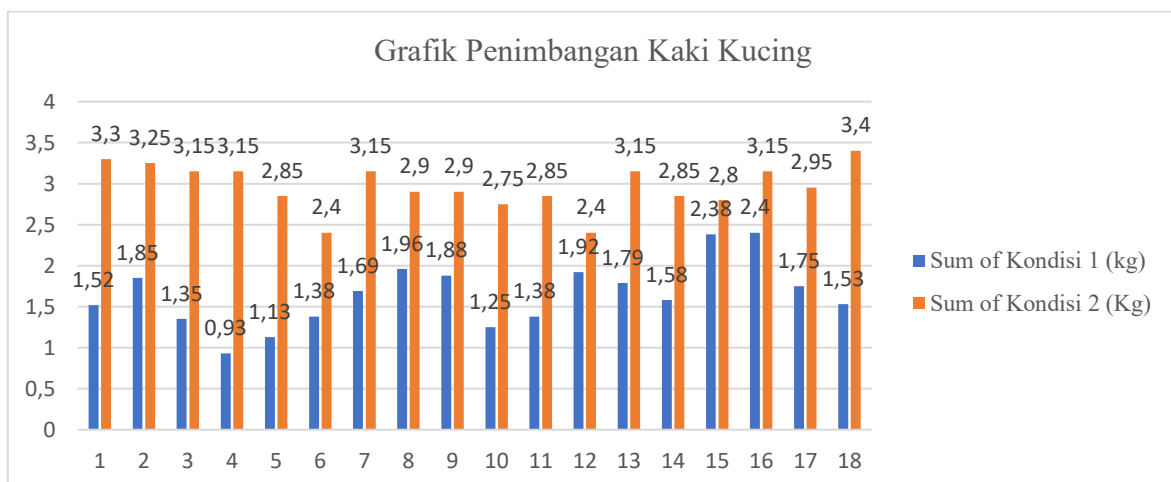


Gambar 7. Penimbangan kaki kucing kondisi 2

Dari percobaan tersebut didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Table data hasil percobaan penimbangan beban kaki kucing
PERCOBAAN BERAT KAKI DEPAN KUCING

No	Kondisi 1 (kg)	Kondisi 2 (kg)
1	1.52	3.3
2	1.85	3.25
3	1.35	3.15
4	0.93	3.15
5	1.13	2.85
6	1.38	2.40
7	1.69	3.15
8	1.96	2.90
9	1.88	2.90
10	1.25	2.75
11	1.38	2.85
12	1.92	2.40
13	1.79	3.15
14	1.58	2.85
15	2.38	2.80
16	2.40	3.15
17	1.75	2.95
18	1.53	3.40



Gambar 8. Grafik hasil penimbangan beban kaki kucing

Dari data yang tercatat dapat disimpulkan untuk kondisi 1 kaki kucing menopang beban terberat pada 2,4 kg dan terendah pada 0,98 kg. Kondisi ke 2 ketika kucing mendarat beban kejut yang ditopang kaki kucing tertinggi berada pada 3,4 kg dan terendah pada 2.4 kg. Setelah mendapatkan data yang diperlukan untuk melakukan simulasi *fusion 360* pada model *prototype*. Proses simulasi dapat dimulai dan dianalisa.

Simulasi *Fusion 360*

Dilakukan 2 simulasi pada *Fusion 360* yaitu *static stress*, dan *non-linaer static stress*. Hal ini dilakukan berdasarkan asumsi kondisi yang dialami prototype dalam menjalankan fungsinya. *Static Stress* merupakan analisis deformasi dan tegangan ke dalam model dari beban dan kendala struktural. Pada konsepnya dapat menyelidiki perpindahan, tegangan, dan kriteria kegagalan yang

umum. Hasilnya dihitung berdasarkan asumsi *respons linier* terhadap stress. *Metode Non-linear Static Stress* merupakan mode simulasi untuk menentukan tegangan statis dan deformasi di seluruh model yang disebabkan oleh beban struktural dan kondisi batas dengan mempertimbangkan sifat material *non-linier* dan deformasi besar. **Kondisi Static Stress** Pada simulasi *static stress*, kekuatan dari *prototype* dianalisa dengan merekayasa kondisi dimana sebuah *prototype* kaki palsu hewan kucing dapat menerima beban statis 2,4 kg dan juga melihat apakah ada daerah yang mengalami perubahan bentuk atau mengalami keretakan **Kondisi Non-linear Static Stress** Pada simulasi *non-linear static Stress* dilakukan analisa kekuatan *prototype* pada kondisi dimana kucing mendarat dengan dari ketinggian 50cm. Mengetahui daya yang diberikan saat kucing mendarat, dan variable tersebut dimasukkan pada data simulasi *non-linear static stress*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

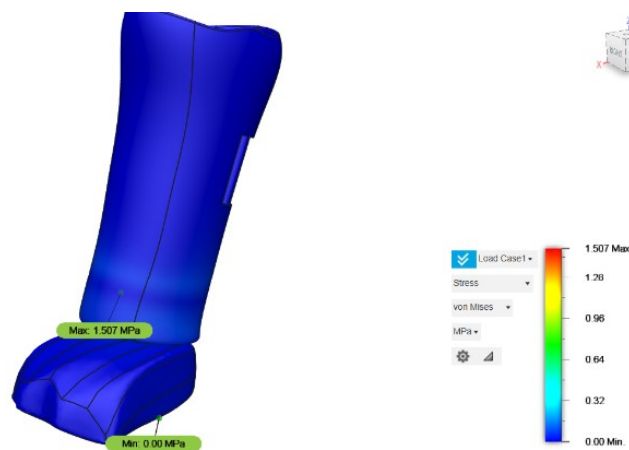
Resolve simulasi fusion 360

Static stress



Gambar 9. Hasil simulasi *Static stress – safety factor*

Dari hasil simulasi *static stress* didapatkan hasil *minimum* dan *maximum safety factor* yang bernilai min 15.00 dan max 15.00 nilai *safety factor* ini cukup memuaskan, dimana model masih berada pada area aman atau berwarna biru dan dapat menopang beban seberat 2,4kg dengan faktor keamanan yang tidak menunjukkan daerah merah atau kuning yang keretakan pada model.



Gambar 10. Hasil simulasi *Static stress – stress*

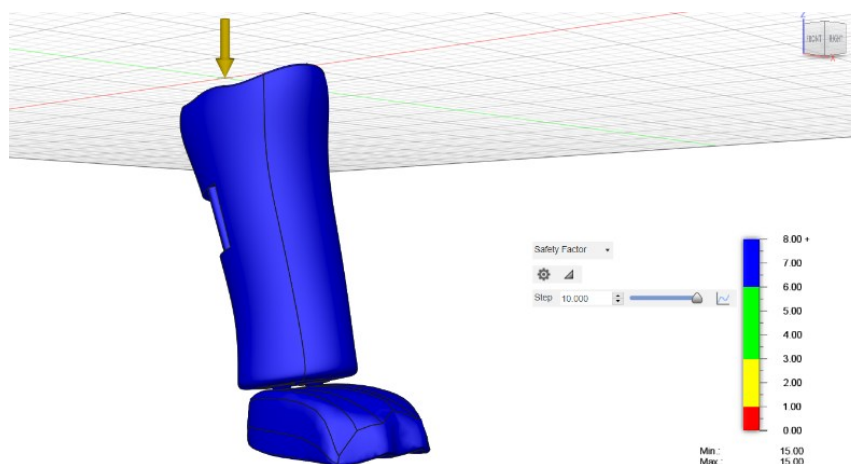
Pada pengecekan *stress* dapat dilihat maximum *stress* pada batangan model berada pada nilai 1.507MPa. Dimana tidak adanya area yang mengalami deformasi dan kritikal yang perlu di waspadai terjadinya kelebihan beban tumpu atau retakan pada model *prototype*.



Gambar 11. Hasil simulasi *Static stress – Reaction Force*

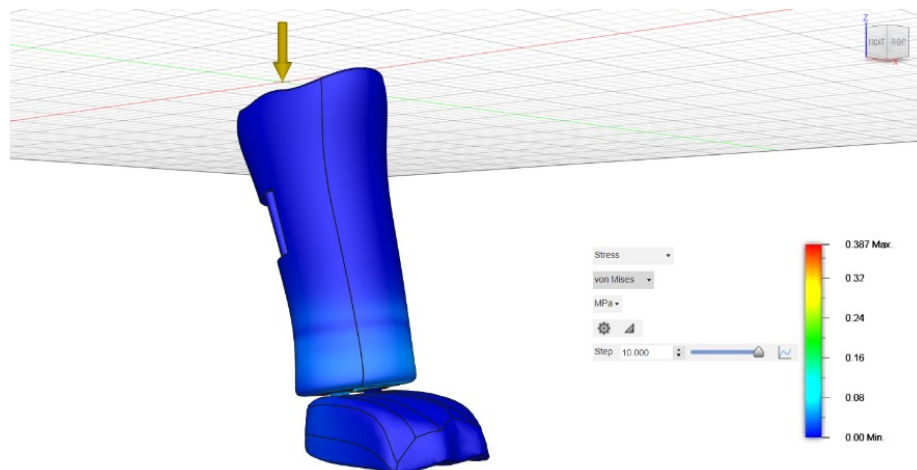
Pada mode reaction force menunjukkan reaksi model terhadap beban yang ditumpu berfokus pada pergelangan kaki dengan nilai max berada pada 0,027N. Model masih sanggup menahan beban yang di *input* pada simulasi kondisi pertama hal ini terlihat dari warna biru tua yang berubah menjadi warna biru muda mengalami perubahan regangan karena daya tekan yang terjadi.

Non-linear static stress



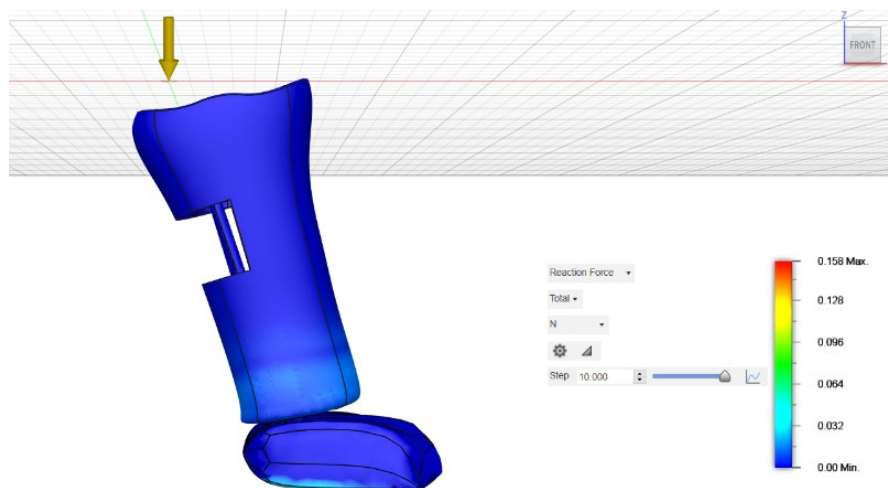
Gambar 12. Hasil simulasi *Non-Linear static stress –safety factory*

Dari hasil simulasi *Non-linear static stress* didapatkan memiliki nilai max 15.00 dan min 15.00 hasil yang cukup baik, dimana model memiliki faktor keamanan berwarna biru dan tidak menunjukkan daerah merah atau kuning yang kritikal.



Gambar 13. Hasil simulasi *Non-Linear static stress –stress*

Pengecekan *stress* menghasilkan hasil perubahan stress yang tidak signifikan. Dimana tidak adanya area kritis yang perlu diwaspadai terjadinya deformasi ataupun kelebihan beban tumpu pada model *prototype*. Tetapi terdapat area *stress* yang memiliki tekanan fokus yang sedikit berbeda pada pergelangan kaki bawah model yang ditunjukkan oleh gradasi warna biru muda.



Gambar 14. Hasil simulasi *Non-Linear static stress –Reaction Force*

Pada *reaction force* menunjukkan reaksi model terhadap beban yang ditumpu berfokus pada pergelangan kaki bawah dan juga telapak kaki bawah. Model masih sanggup menahan beban yang ditumpu hal ini terlihat dari gradasi warna biru tua yang berubah menjadi warna biru muda. Menunjukkan beban tumpuan model berfokus pada daerah tersebut, tetapi masih ditingkatkan aman untuk menopang beban *input* pada kondisi 2.

Analisa pada model *prototype* kaki palsu hewan kucing

Pada hasil simulasi *fusion 360* dengan melakukan 2 simulasi *test* model *prototype* kaki palsu hewan kucing sanggup menopang beban *input* yang ditimbang berdasarkan beban kucing domestik dengan berat berkisar 5kg, dimana tegangan beban kaki yang diterima berkisar 2,4kg secara statis pada kondisi pertama dan 3,4kg secara non-statis pada kondisi kedua menunjukkan hasil yang baik dan tidak memiliki area kritis yang dapat terjadinya patah atau retak pada model.

Proses pencetakannya *prototype* kaki palsu hewan kucing ini juga menunjukkan hasil yang cukup memuaskan dimana, proses pencetakan berkisaran 4jam dan jarang terjadi kegagalan pada proses pencetakan yang dilakukan sebanyak 6 kali untuk menentukan parameter yang ideal untuk proses *3d printing*. Perubahan konsep model dari penggunaan pin titanium dengan konsep sepatu juga dilakukan untuk memudahkan penggunaan dan efisiensi biaya pada pengaplikasiannya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari simulasi fusion 360 menunjukkan model *prototype* kaki palsu hewan kucing dapat memenuhi kebutuhan untuk kucing domestik seberat 5kg untuk berdiri, berjalan dan hingga mendarat dari ketinggian 50cm. Penggunaan *prototype* yang dimudahkan dengan menerapkan konsep seperti sepatu membuat tidak diperlukannya proses oprasi dalam pengaplikasian *prototype* kaki palsu hewan kucing ini. Dikarenakan penggunaannya yang mudah, *prototype* ini juga dapat menjadi opsi untuk pengantian kaki palsu hewan kucing yang lebih hemat biaya. Produksi kaki palsu hewan kucing ini dibuat berdasarkan custom order. Dimana perlunya melakukan penimbangan berat dan ukuran dari kaki kucing yang dipasangkan *prototype* kaki palsu.

Simulasi model *prototype* yang diteliti ini sanggup digunakan untuk kucing domestik yang memiliki berat 5kg, dimana tegangan statis yang diterima model *prototype* berkisaran 2,4kg, pada kondisi kucing berdiri tegak dan duduk dengan kedua kaki depan tegak. Selanjutnya dalam tegangan dinamis terukur berkisar 3,4k g secara non-static, pada kondisi kucing berjalan dan mendarat dari ketinggian 50cm. Simulasi telah dilakukan dengan hasil yang menyanggupi beban input yang diberikan. Proses *3d printing* yang diuji mendapatkan hasil yang baik, model dapat dicetak dengan baik dan juga bentuk yang dicetak sudah sesuai dengan desain model *prototype*.

Analisa engineering pada hasil simulasi melalu software fusion 360 berada pada model yang diujikan dapat memenuhi kebutuhan dasar dari subject untuk beraktifitas ringan seperti berdiri dan berjalan. Hal ini dibuktikan dari hasil simulasi yang menyatakan model dapat menopang beban input yang diperlukan untuk melakukan kegiatan ringan. Pada kondisi kedua model juga dapat memenuhi kebutuhan berat seperti sanggup menahan beban mendarat subject dari ketinggian 50cm. Maka dari itu model *prototype* sudah memenuhi fungsinya sebagai prostetik alternatif untuk hewan kucing yang lebih ekonomis dan efisien dalam penggunaannya.

Diharapkan kedepannya model *prototype* ini dapat dikembangkan kembali dan menjadi salah satu opsi untuk mengatasi masalah hewan kucing yang mengalami kendala cacat terkhusus pada alat gerak yang tidak berfungsi dengan pengeluaran biaya yang relatif lebih murah. Kemudahan dalam penggunaan dan efisiensi biaya pada pengaplikasiannya untuk kalangan umum menjadi daya tarik dari model *prototype* kaki palsu hewan kucing ini, dibandingkan penggunaan kaki palsu hewan konvensional..

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen dan mahasiswa yang terlibat langsung dalam penelitian ini maupun pihak-pihak lain yang terlibat secara tidak langsung. Terima kasih yang tidak terhingga kepada Bapak M. Sobron Yamin Lubis, Ir., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Didi Widya Utama S.T., M.T., Ph. D.

REFERENSI

- Emzain, Zakki Fuadi & Amrullah, Utsman Syah & Mufarih, A.M. (2020) Analisis elemen hingga untuk siklus berjalan pada model prostetik lenturpergelangan kaki. *Jurnal Polimesin*, Agustus 2020, 91-98.
- Hidayat, Tomi & Putra, Armansyah. (2017). *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah MultiSciences* Vol. IX No. 1, 7-17.
- Kalaskar, D. M. (2017). 3D Printing in Medicine. In *3D Printing in Medicine*. <https://doi.org/10.33029/9704-5163-2-pri-2019-1-240>.
- Kasihani, Ni Nyoman & Rikawarastuti. Kajian Penggunaan Model 3D Printing Praktik Preklinik Pendidikan Kesehatan Gigi: Narrative Review. *Journal of Dental Hygiene and Therapy*, Vol 4 No.1. 2023, 89.
- Lubis, Sobron & Djamil, Sofyan & Yolanda. (2016). Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer Pla dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi Produk. *Sinergi*. 28.
- P P Song, Y M Qi, D C Cai, Research and Application of Autodesk Fusion 360 in Industrial Design, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/359/1/012037> (2018)
- Pratama, Wahyudi. (2021) Rancang Bangun Alat Uji Dorsiflexion dan Hysteresis Telapak Kaki Palsu. (September 2021). Hal 16
- Simpson, A Chloe. Taliafferro, A. R. (2021). Designing Inclusion. 17 Designing Inclusion. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511493447>.
- Tutang, Herland Pallay & Betrand, Adam & Nduru, Jonathan Mattheus & Lubis, Sobron. (2021). Analisis Static Stress Pada Roller Mesin Roll Kemasan Minuman. Seri Seminar Nasional Ke.III Universitas Tarumanagara.
- Wicaksono, Bimmo. (2022). Desain dan Simulasi Alat Uji Telapak Kaki Palsu. (Desember 2022). Hal 12