

RANCANG BANGUN OTOPET LISTRIK RODA TIGA UNTUK TENAGA MEDIS DI RUMAH SAKIT

Kristian Jati Rahmadi¹, Munadi², Paryanto³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: kjrahmadi@gmail.com

Abstrak

Luasnya bangunan rumah sakit menjadi salah satu faktor kelelahan bagi para tenaga medis yang bertugas memeriksa pasien di sejumlah ruangan. Para tenaga medis yang bekerja memeriksa pasien pada ruangan-ruangan berbeda memiliki potensi kelelahan kerja yang cukup serta, terlebih bagi para tenaga medis yang sudah memasuki usia 60 tahun. Hal itu dapat diminimalisir dengan adanya kendaraan sederhana dan ramah lingkungan yang digunakan di dalam ruangan. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan rancangan serta produk yang dapat digunakan untuk transportasi para tenaga medis. Otopet ini dibuat sesuai dengan kebutuhan penggunaannya, yaitu dengan kemudahan berkendara, stabilitas tinggi, kemudahan dalam manufer, dan kenyamanan yang cukup, serta kekuatan yang maksimal. Penelitian ini dilakukan dengan memahami kebutuhan pengguna yang kemudian diwujudkan ke dalam sebuah rancangan produk berupa otopet. Perancangan produk dimulai dari pembuatan desain, simulasi pembebanan dan sampai pada pengujian langsung. Alat transportasi yang dibuat, mampu memenuhi beberapa kriteria kebutuhan pengguna, seperti untuk kriteria kemudahan berkendara dikemas ke dalam bentuk otopet yang sederhana seperti sepeda yang mudah dikendarai. Kemudian kriteria stabilitas yang tinggi diwujudkan dengan penggunaan roda tiga pada otopet ini, untuk mendukung manufer yang mudah, otopet ini dilengkapi dengan pengatur gerak maju dan mundur. Kriteria kenyamanan juga dapat terpenuhi melalui hasil posisi duduk yang. Otopet ini dilengkapi dengan pengujian safety factor yang mendapatkan nilai 1,5 membuat produk ini memenuhi kriteria kekuatan.

Kata kunci: alat transportasi rumah sakit; ergonomic; membantu kinerja tenaga medis; otopet listrik roda tiga; ramah lingkungan; *safety*

Abstract

The size of the hospital building is a factor in fatigue for medical personnel tasked with examining patients in a number of rooms. Medical personnel who work to examine patients in different rooms have the potential for considerable work fatigue, especially for medical personnel who have reached the age of 60 years. This can be minimized by having simple and environmentally friendly vehicles used indoors. It is hoped that this research will be able to produce plans and products that can be used to transport medical personnel. This otopet is made according to the needs of its users, namely with ease of driving, high stability, ease of manufacture, and sufficient comfort, as well as maximum strength. This research has succeeded in creating a product that meets the plan. The means of transportation created is able to meet several criteria for user needs, such as the criteria for ease of driving which is packaged in the form of a simple scooter such as a bicycle that is easy to ride. Then the high stability criteria are realized by using tricycles on this motopet. To support easy maneuvering, this motopet is equipped with a forward and reverse motion control. Comfort criteria can also be met through the ergonomic results of a relaxed sitting position. This otopet is equipped with a safety factor test which gets a score of 1.5 making this product meet the strength criteria.

Keywords: assist the performance of medical personal; environment friendly; ergonomics; hospital transportation; safety three wheeler electric otopad

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman yang juga diikuti dengan perkembangan teknologi di bidang transportasi, muncul sebuah alat transportasi dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya. Adapun kendaraan listrik di Indonesia yang kini sedang sangat diminati diantaranya adalah otopet elektrik. Secara umum otopet merupakan kendaraan bermotor roda dua yang memiliki lantai di bagian dasarnya sebagai tempat pijakan kaki bagi penggunanya. Otopet banyak sekali dipakai hingga berkembang pesat sampai saat ini, karena masyarakat semakin sadar akan potensi kelangkaan bahan bakar fosil, polusi dan juga bertambahnya mobilitas sehingga membutuhkan suatu kendaraan yang bersifat kompak.

Otopet elektrik biasanya digunakan dengan posisi berdiri maupun duduk dengan roda yang berjumlah dua atau ada juga yang memiliki tiga roda. Biasanya otopet elektrik dikendarai dalam jarak pendek yang bertujuan untuk sarana rekreasi, olahraga serta yang lainnya. Otopet elektrik itu sendiri adalah alat transportasi yang ramah lingkungan, yang dibuat untuk mengurangi emisi dari bahan bakar serta mengurangi polusi udara, hal ini karena pada sistem kerjanya menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerakannya [1]. Otopet elektrik bekerja dengan sederhana dan sinergis dengan rangkaian yang terdiri atas rangka, roda, kemudi, rem, dan sistem kemudi [2]. Pengemudi memberikan perintah melalui throttle kemudian

perintah tersebut diterima dan diolah oleh motherboard. Kemudian energi listrik yang dihasilkan oleh baterai dialirkan ke motor melalui serangkaian kabel. Saat energi listrik sudah sampai di motor, motherboard mengirim sinyal gerakan berupa besaran kecepatan dan jenis gerakan. Baterai pada otopet elektrik bersifat *rechargeable* atau bisa diisi ulang. Otopet elektrik juga dapat digunakan untuk di dalam ruangan, hal ini karena otopet memiliki karakteristik sebagai kendaraan bantu dengan bentuk yang kompak dan ringan sehingga dapat membantu perpindahan seseorang dari satu ruangan ke ruangan lainnya. Sama halnya dengan tenaga medis pada rumah sakit.

Tenaga medis yang bekerja di bidang kesehatan, misalnya pada rumah sakit memiliki usia yang bervariasi. Di dalamnya terdapat tenaga medis yang masih bekerja dengan usia 60 tahun, diantaranya adalah dokter. Seiring bertambahnya usia, fungsi fisiologis dari para tenaga medis mengalami penurunan akibat proses degeneratif (penuaan) [3]. Penurunan kemampuan berbagai organ, fungsi dan sistem tubuh itu bersifat alamiah. Pada usia 60 tahun, lansia mengalami penurunan massa otot yang menyebabkan penurunan kekuatan otot, terutama kekuatan otot ekstremitas bawah dan terjadi penurunan elastisitas pada otot yang akan mempengaruhi keseimbangan dinamis pada lansia. Dengan penggunaan otopet elektrik oleh tenaga medis, efisiensi waktu dan juga peningkatan mobilitas dapat tercapai. Stamina dan kesehatan tenaga medis pun juga dapat terjaga karena dengan menggunakan otopet elektrik pekerja tidak perlu berjalan setiap saat, sehingga dapat membantu dalam mengurangi kelelahan yang dialami.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Design Requirement and Objective

Perancangan suatu produk membutuhkan dasar analisis kebutuhan konsumen secara nyata. Oleh karena itu, diperlukan persyaratan dan tujuan desain atau dalam istilah lain disebut DRO (*Design Requirement and Objective*). DRO ini digunakan untuk menampung analisis kebutuhan atau harapan untuk suatu produk yang akan dibuat. Berikut adalah tabel DRO dari otopet listrik roda tiga untuk tenaga medis

DRO juga difungsikan sebagai dasar untuk merancang otopet listrik dengan desain yang memiliki inovasi lebih. Tahap pertama pada perancangan ini dimulai dari pengumpulan data terkait kebutuhan pasar. Data tersebut digunakan sebagai pondasi perancangan. Kemudian dari data-data tersebut dibuat dua batasan atau persyaratan mendasar, yaitu persyaratan mutlak (*demand*) dan persyaratan yang diharapkan (*wish*).

Persyaratan mutlak merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam kondisi apa pun demi keberhasilan desain, jika persyaratan mutlak ini tidak terpenuhi maka desain bisa dikatakan belum berhasil. Sedangkan persyaratan yang diharapkan merupakan persyaratan opsional (boleh dipenuhi atau tidak) sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap desain jika persyaratan ini tidak terpenuhi [4].

Tabel 1 *Design requirement and objective*

Kategori	Persyaratan	D	W
Fungsional	Skuter memiliki power sebesar 500W		v
	Digunakan untuk berpindah ke setiap ruangan pasien	v	
	Memiliki suara yang tidak berisik	v	
	Dapat digunakan dengan mudah		v
Operasi	Dapat beroperasi selama 4 jam pemakaian	v	
	Mudah dioperasikan		v
	Menggunakan energi listrik	v	
Rangka	Memiliki rangka yang kuat menahan beban 120kg		v
	Ukuran 90cm x 40cm (PxL)	v	
	Dapat dilipat		v
Keamanan	Memiliki keseimbangan tinggi (tidak bisa jatuh)	v	
Produksi	Harganya tidak melebihi lima juta		v
	Komponen banyak tersedia di pasaran	v	
Pemasangan	Mudah dimanufaktur	v	
Perawatan	Minim perawatan	v	

2.2 Penentuan Konsep Produk

Setelah menentukan *design requirement and objective*, diperlukan pembuatan konsep perancangan yang berguna untuk mempermudah penyusunan konsep. Penentuan konsep produk membutuhkan penjabaran alat atau *deep pressure* ke dalam fungsi, sub-fungsi, sub-sub-fungsi, dst. *Output* yang diperoleh dari penjabaran tersebut dapat diteruskan ke pemberian bentuk (*embodiment*) yang berguna untuk menyempurnakan spesifikasi teknis.

Konsep produk berasal dari deskripsi yang tepat tentang apa yang harus dilakukan pada suatu produk. Deskripsi tersebut berasal dari penafsiran kebutuhan-kebutuhan ke dalam istilah teknis (Karl, 2019). Penafsiran kebutuhan diambil dari kriteria *must* dan *want* yang sebelum telah dibuat. Hal ini didapatkan dari hasil survei yang telah dilakukan.

Pada hirarki ini, kriteria tersebut dikemas ke dalam sebuah *statement* yang memiliki nilai *relative importance*. Terdapat proses *front-end* dalam penentuan dan penyempurnaan konsep produk. Proses *front-end* memiliki *Output* berupa daftar spesifikasi target yang terdiri dari matriks, *marginal value* dan *ideal value*. Tahap awal yang harus dilakukan adalah membuat hirarki kebutuhan produk yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Hirarki kebutuhan dan nilai *relative importance*

No	Need Statement	Imp
1	Otopet praktis dan mudah digunakan	5
2	Desain yang sederhana dan modern	3
3	Biaya pembuatan murah	4
4	Menggunakan daya yang kecil dan tahan lama	5
5	Dimensi tidak terlalu besar	4
6	Memiliki bobot yang ringan	3
7	Keseimbangan yang stabil saat dijalankan	5

Tabel 2 digunakan untuk menentukan pernyataan kebutuhan mana yang tergolong penting dan memiliki partisipasi besar dalam perancangan selanjutnya. Pernyataan ini dinotasikan ke dalam nilai angka yang memiliki besaran atau tingkatan untuk mempermudah mengelompokkan kebutuhan mana yang memiliki bobot besar. Dalam persyaratan kebutuhan tersebut, dilakukan penilaian *relative importance* yang digunakan untuk mengutamakan *fitur* yang ada pada produk yang dikembangkan. Langkah selanjutnya setelah menentukan hirarki kebutuhan adalah menguraikan ketentuan-ketentuan yang disusun secara lengkap dan jelas mengenai produk yang dibuat.

Metode ini dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang memiliki hubungan dengan hasil identifikasi yang telah dilakukan melalui tabel hirarki dan analisis kebutuhan konsumen. Spesifikasi teknis harus memiliki ukuran atau satuan sebagai penentu tingkat kebutuhan, selain itu spesifikasi yang dibuat juga harus memiliki hubungan dengan hasil identifikasi kebutuhan. Hubungan yang dimaksud adalah menyangkut perwujudan konsep produk dengan kondisi kebutuhan secara nyata yang telah didapatkan melalui survei kepada tenaga medis. Berikut Tabel 3, yang menunjukkan spesifikasi teknis dari hasil analisis kebutuhan yang dikaitkan dengan tabel hirarki yang telah dibuat. Dalam tabel tersebut, berisi nilai ideal yang harus dimiliki pada otopet hasil perancangan.

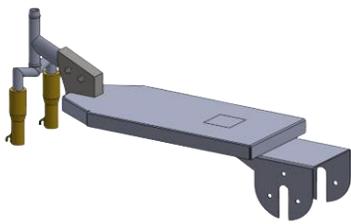
Tabel 3 Spesifikasi teknis perancangan

No. Metrix	No. Kebutuhan	Kebutuhan	Metrix	Imp	Unit	Marginal Value	Ideal Value
1	1, 7	Target	Berhasilan dijalankan, stabil, seimbang, praktis dan mudah digunakan.	5	List	0 - 10	9
2	3		Biaya murah	4	Rp	< 8 Jt	5 Jt
3	6	Material Rangka	Berat	4	Kg	< 20	15
4			Jenis	4	-	Besi & Plat	Besi & Plat
5	5	Dimensi Body	Panjang	4	cm	< 250	363
6			Lebar	4	cm	< 90	363
7			Tinggi	4	cm	< 150	70
8	6	Ketahanan dan Kestabilan	Berat Total	3	kg	< 50	30
9	4, 7		Daya	4	mAh	> 10000	15000
10			Lama berjalan	4	Jam	> 2	4
11			Stabil	5	-	Tidak Jatuh	Tidak Jatuh

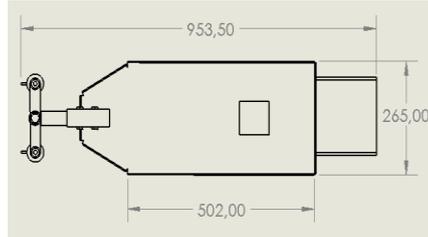
2.3 Desain

Desain yang pada Gambar 1 merupakan pengembangan dari desain-desain yang pernah dibuat, dimana konstruksi rangkanya ini tidak hanya menggunakan plat saja tetapi juga menggunakan besi holo untuk rangka utamanya. Hal ini dilakukan untuk memperkuat struktur desainnya [5]. Lalu untuk dimensinya juga disesuaikan dengan kebutuhan kekuatan

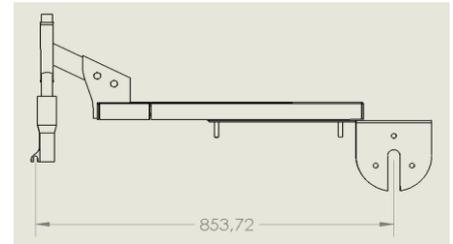
untuk menghilangkan kesan ringkih. Pada desain ini dilakukan beberapa penyesuaian yang berkaitan dengan posisi duduk [6]. Posisi duduk pada desain kedua dibuat lebih pendek dan lebih maju untuk mendapatkan posisi berkendara yang nyaman. Selain itu, terdapat penambahan suspensi pada bagian depan dan bagian tempat duduk.



Gambar 1 Desain rangka otopet



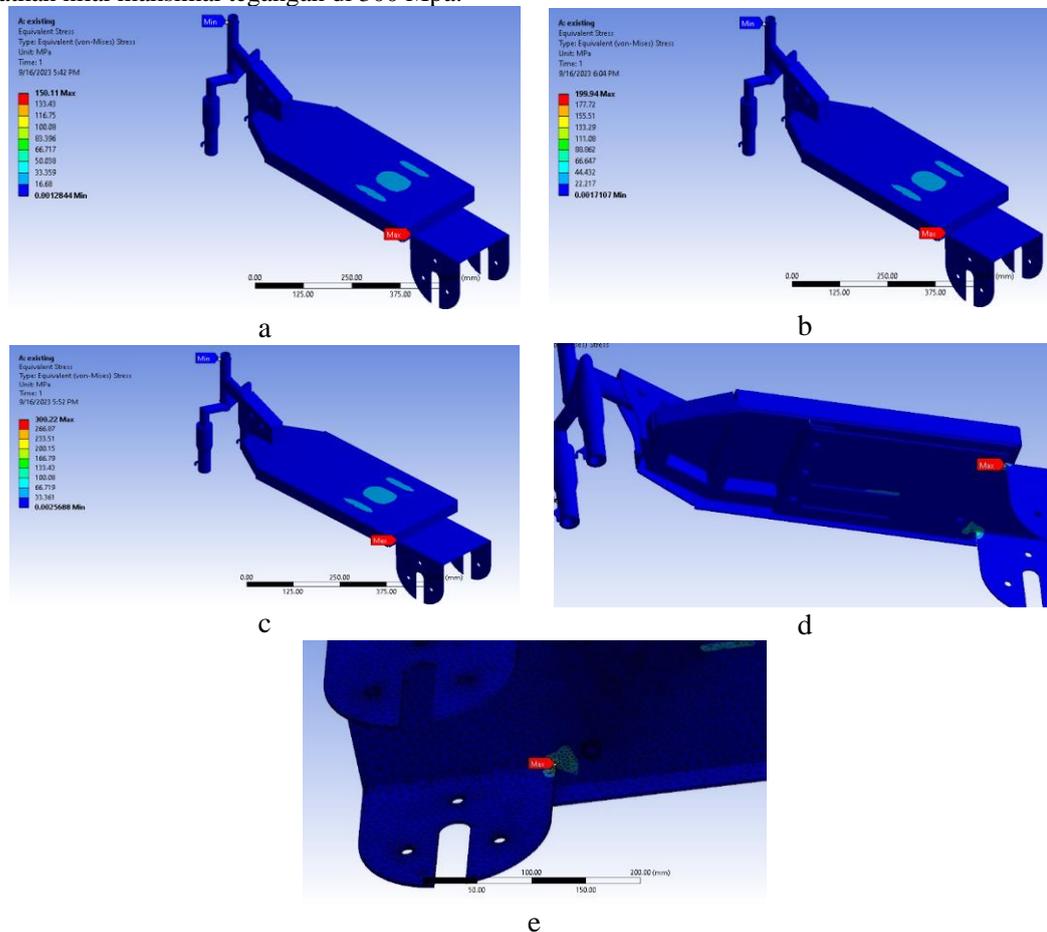
Gambar 2 Gambar tampak atas



Gambar 3 Gambar tampak samping

2.4 Simulasi Pembebanan

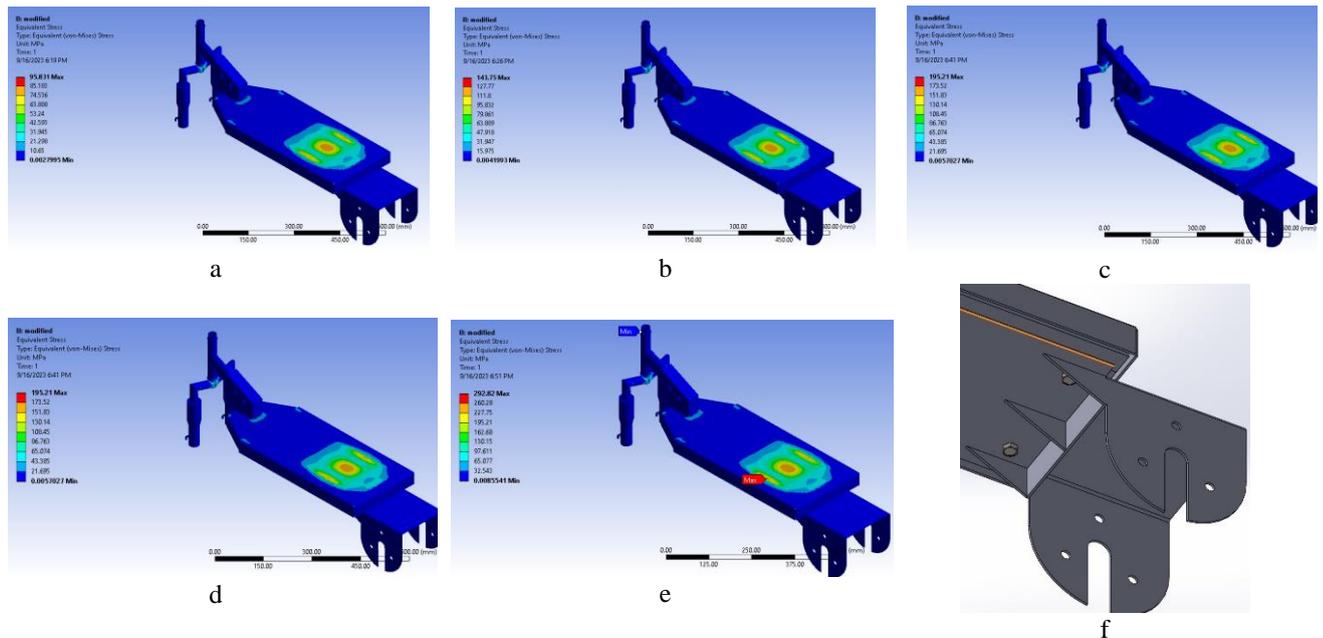
Pada simulasi desain yang digunakan untuk manufaktur nantinya diberikan tiga variasi pembebanan. Pembebanan pertama adalah seberat 45 kg dengan asumsi yang menaiki adalah usia anak-remaja, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.a dengan *stress max* terjadi pada 150 MPa. Pembebanan kedua adalah dengan beban seberat 65 kg dengan asumsi orang dewasa, mendapatkan nilai maksimal tegangan di 200 MPa. Pembebanan terakhir dengan asumsi orang dewasa seberat 95 kg, mendapatkan nilai maksimal tegangan di 300 Mpa.



Gambar 4 Simulasi pembebanan desain

Dari ketiga hasil pembebanan tersebut dapat dilihat titik paling lemah dari rancang bangun yang dibuat terdapat pada bagian yang ditunjukkan oleh Gambar 4e. Bagian tersebut terdapat pada rangka penggerak yang menggunakan plat ST 37 dengan ketebalan 3mm. Hasil analisis dari kasus tersebut Hal ini terjadi pada bagian tekukan plat yang melalui proses *bending*. Kasus ini sudah dibuktikan pada *Journal of Materials Processing Technology* yang mengatakan bahwa Plat yang dibengkokkan (*bent plate*) memiliki potensi untuk mengalami deformasi atau perubahan bentuk karena proses pembentukan yang melibatkan pemberian tekanan dan gaya pada material [7].

Pada simulasi ini dilakukan sebuah *improvement* desain yang ditunjukkan pada Gambar 5f. Penambahan struktur ini terbukti dapat menguatkan material yang mengalami deformasi plastis, hal ini tertuang dalam *Journal of Constructional Steel Research* yang menyatakan bahwa penambahan struktur baru pada plat yang dibengkokkan dapat memperkuat kemampuan deformasi plastisnya dengan meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur tersebut [8]



Gambar 5 Simulasi pada desain modifikasi

Untuk desain modifikasi ini diberikan lima variasi pembebanan karena telah mengalami perkuatan seperti yang telah dijelaskan pada sebelumnya. Pembebanan pertama adalah seberat 135 kg dengan asumsi yang menaiki adalah usia dewasa dengan membawa barang, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5a dengan *stress max* terjadi hanya pada 95 MPa. Pembebanan selanjutnya adalah dengan variasi beban pada $200 < B < 420$ kg untuk mengetahui *stress* maksimal sesuai dengan kemampuan *ultimate strength* yang tertulis di atas kertas.

2.5 Alat dan Bahan Penelitian

Otopet ini terdiri dari beberapa bagian yang disusun menjadi satu kesatuan untuk bisa berjalan dengan spesifikasi tertentu. Ada juga material mentah yang harus dimanufaktur untuk menjadi sebuah rangka yang kokoh. Berikut adalah detail dari komponen-komponen yang saling mendukung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Alat dan bahan penelitian.

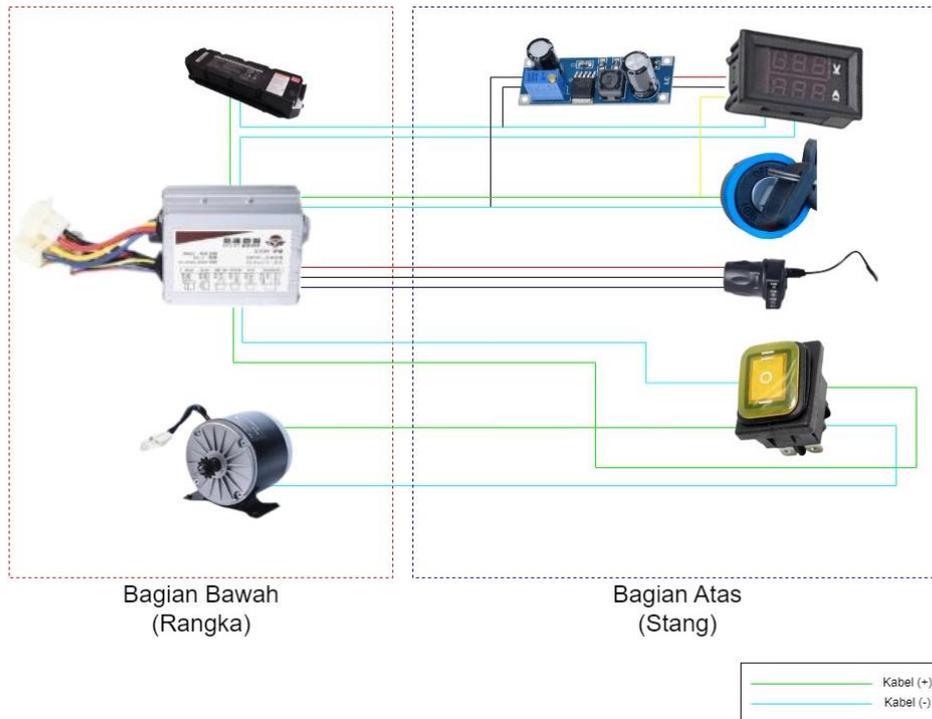
Komponen	Rangka
<ul style="list-style-type: none"> • Motor BDC 500 Watt • <i>Controller Yiyun</i> • Baterai Ninebot 15000 mAh • Indikator Voltmeter/Amperemeter • <i>Throttle</i> (bukaan gas) • Saklar DPDT • DC Converter • Velg & Ban 4 inch • Rantai • Gir Depan dan Belakang 	<ul style="list-style-type: none"> • Besi <i>hollow</i> 3x3 cm, panjang 1.5 m • Plat ST 37 tebal 4 mm (pijakan kaki) • Plat ST 37 tebal 2 mm (tempat baterai)

2.6 Proses Manufaktur dan Wiring

Proses perancangan pada manufaktur otopet roda tiga ini dijalankan dengan melakukan pengembangan dari banyaknya skuter yang beredar di pasaran. Proses manufaktur dilakukan setelah adanya proses *research and development* yang berlangsung selama kurang lebih enam bulan. Dimulai dengan mempelajari desain dan fitur-fitur dari skuter yang beredar, membuat desain dan melakukan *reverse engineering* untuk menjadi sebuah produk yang sesuai.

Pada proses ini terdapat beberapa kali perubahan ukuran dimensi dari hasil yang dicetak, khususnya untuk bagian-bagian yang memiliki sedikit toleransi. Hal ini terjadi karena besar toleransi alat-alat yang digunakan untuk produksi dengan kondisi *real* nya memiliki perbedaan yang signifikan sehingga diperlukan beberapa kali percobaan untuk mengukur toleransi yang sesuai [9].

Perkabelan pada otopet ini menggunakan kabel berjenis serabut berdiameter 1.5 mm dengan total panjang 6 m. Terdapat empat komponen yang diletakkan pada bagian stang sehingga membutuhkan kabel yang lebih panjang dari bawaannya. Bagian kanan pada Gambar 6 merupakan empat komponen yang menempel pada kotak kontrol di stang, sedangkan bagian kiri menunjukkan tiga komponen (baterai, kontroler dan motor) yang letaknya menempel pada bagian rangka belakang.



Gambar 6 Wiring diagram

Proses *wiring* yang sulit terletak layar *voltmeter/ampere-meter*, kesulitan yang dialami terjadi karena *supply* tegangan dari baterai terlalu besar untuk spesifikasi *voltmeter/ampere-meter* yang beredar dipasaran. Solusi dari masalah tersebut adalah memberika *converter* DC atau *step down* untuk menurunkan tegangan. *Converter* DC menyalurkan listrik ke *display voltmeter/ampere-meter* untuk dapat memunculkan layarnya. Dalam proses pemasangan saklar DPDT terjadi konsteling arus listrik pada saat pengujian, hal ini terjadi karena saklar DPDT yang dibeli pada awalnya tidak sesuai dengan spesifikasi pada otopet, sehingga saklar tidak mampu menahan kuat arus listrik yang lewat. Saklar ini bekerja dengan cara membalik kutub negatif dengan kutub positif agar arah putaran motor dapat berubah. Perkabelan dari saklar ini menghubungkan komponen dari kontroler ke saklar baru kemudian saklar meneruskan strum ke motor listrik.

3. Hasil dan Pembahasan

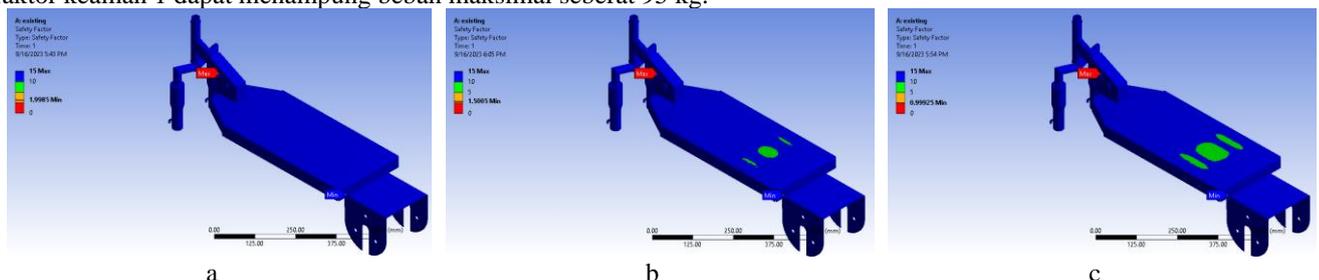
3.1 Pengujian Safety Factor

Pada rancang bangun otopet ini, dibuat beberapa kali pengujian dengan simulasi pembebanan untuk mendapatkan *safety factor* yang beragam, mulai dari nilai tiga hingga satu. Tujuannya adalah untuk mengetahui kemampuan rancang bangun dari segi kekuatan maksimal yang dapat dibawa dengan nilai faktor keamanan satu. Pada desain ke-1 sendiri tidak dilakukan simulasi pembebanan untuk mendapatkan *safety factor* karena terdapat beberapa pertimbangan untuk proses manufakturnya, yaitu besar roda yang tidak ditemukan pada pasaran di Indoneisa sehingga harus mengubah total bagian sistem penggerak dari desain yang pertama.

Faktor keamanan yang digunakan dalam desain struktur dapat bervariasi tergantung pada jenis struktur dan materi yang digunakan [10]. Faktor keamanan yang lebih tinggi biasanya digunakan untuk memastikan bahwa struktur memiliki margin keamanan yang memadai untuk mengatasi beban tak terduga atau fluktuasi dalam lingkungan operasional. Berikut adalah hasil pengujian faktor keamanan.

3.1.1 Safety Factor Pada Desain Manufaktur

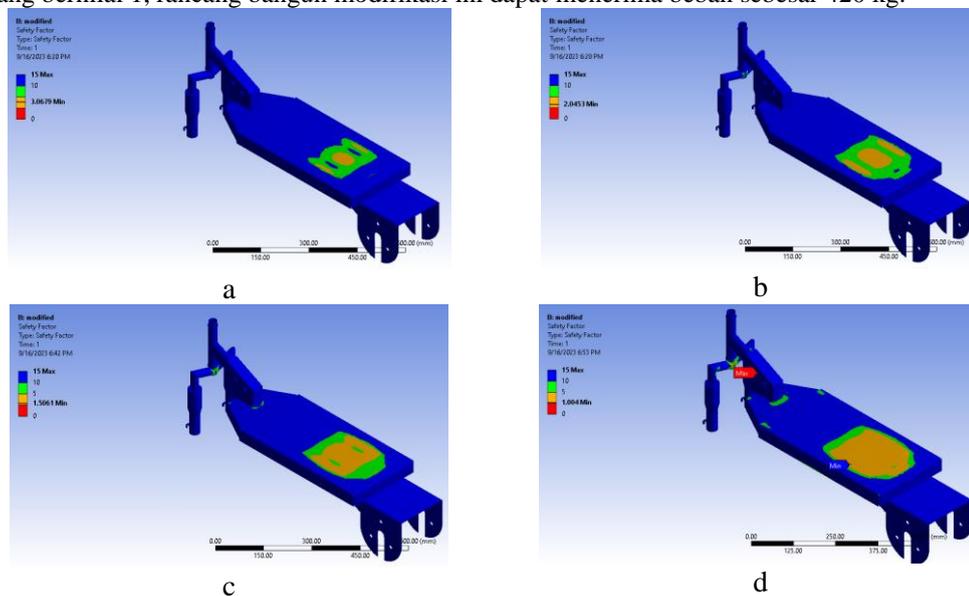
Faktor keamanan pada desain asli ini dituangkan ke dalam tiga kategori nilai keamanan. Pertama adalah nilai keamanan dua seperti pada Gambar 7a mampu didapat dengan beban maksimal 45 kg. Hasil yang kedua menunjukkan nilai keaman yang menurun yaitu bernilai 1,5 dengan beban maksimal yang mampu dinaiki adalah 65 kg. Kemudian pada nilai faktor keaman 1 dapat menampung beban maksimal seberat 95 kg.



Gambar 7 Hasil simulasi safety factor

3.1.2 Safety Factor Desain Modifikasi

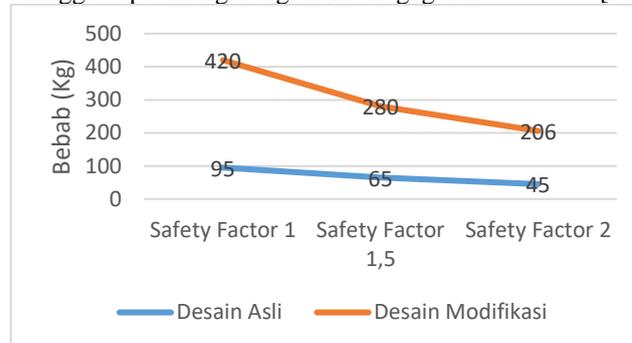
Faktor keamanan pada desain modifikasi ini dituangkan ke dalam empat kategori nilai keamanan. Pertama adalah nilai keamanan tiga seperti pada Gambar 4.4a yang mampu didapat dengan beban maksimal 135 kg. Hasil yang kedua menunjukkan nilai keaman yang menurun yaitu bernilai dua dengan beban maksimal yang mampu dinaiki adalah 206 kg. Kemudian pada nilai faktor keaman 1,5 dapat menampung beban maksimal sebesar 280 kg, kemudian untuk *safety factor* maksimalnya yang bernilai 1, rancang bangun modifikasi ini dapat menerima beban sebesar 420 kg.



Gambar 8 Safety factor desain modifikasi

3.1.3 Perbandingan Safety Factor Pada Kedua Desain

Gambar 4.5 menjelaskan perbedaan hasil simulasi terlihat jelas bahwa faktor keamanan dan beban akan bergerak berbanding terbalik dengan peningkatannya. Semakin besar beban yang diberikan, maka faktor keamanan akan semakin kecil. Perbedaan yang signifikan antara kedua desain tersebut dapat dilihat pada grafik, hal ini terjadi karena desain modifikasi memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan desain asli karena terdapat tulangan yang ditambahkan. Penambahan struktur pada plat bending dapat meningkatkan faktor keamanan dengan meningkatkan kemampuan plat untuk menahan beban dan deformasi sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan *structural* [11].



Gambar 9 Grafik perbandingan pengujian *safety factor* pada desain manufaktur dan desain modifikasi

3.2 Hasil Manufaktur

Perancangan otopet pada penelitian ini telah mengalami beberapa proses manufaktur yang dilakukan dengan penuh perhitungan, Bagian-bagian otopet yang telah melalui proses manufaktur, dilanjutkan dengan proses perakitan (*assembly*). Proses *assembly* ini bertujuan untuk menyatukan bagian-bagian tersebut menjadi satu kesatuan produk otopet yang utuh. Perancangan proses produksi pada penelitian ini memerlukan serangkaian tahapan yang menyeluruh untuk menghasilkan produk yang telah dikonsepsikan.

Pada dasarnya, terdapat tiga tahapan besar pada perancangan proses produksi untuk menjadi hasil seperti pada Gambar 4.6 Tahapan pertama dimulai dengan desain pada software Solidworks 2020, kemudian dilanjutkan dengan melakukan simulasi menggunakan software ANSYS 2019. Tahap ketiga yang harus dilalui adalah proses manufaktur, dalam proses ini terdapat prosedur inti yang harus dijalankan, salah satunya adalah menentukan proses manufaktur apa saja yang akan digunakan.

Keseluruhan proses ini dijalankan untuk mengoptimalkan produksi dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti biaya, waktu, kualitas, yang berkelanjutan [12]. Setelah semua tahapan tersebut selesai, dilakukan QC (*quality check*) untuk pengecekan secara menyeluruh sehingga otopet dapat dipastikan layak untuk jalan.



Gambar 10 (a) Tampak isometri belakang, (b) Tampak isometri depan, (c) Tampak samping kanan, (d) Tampak atas, (e) Tampak samping kiri

3.3 Pengujian Jalan

Pengujian dilakukan dengan dua variasi beban, yaitu dengan beban 50 kg dan 70 kg. Pada proses pengujian ini, digunakan aplikasi strava yang dapat mencatat jarak, lama waktu, kecepatan maksimal, kecepatan rata-rata, serta *elevation gain* (ketinggian) lintasan selama proses berlangsung. Untuk menambah akurasi dari ketinggian, pengujian ini juga menggunakan *Google Earth* agar dapat menampilkan ketinggian dengan lebih akurat lagi di setiap titik pada lintasan pengujian. Selain itu, juga dilakukan pencatatan dari voltmeter yang ada di kotak kontrol ketika memulai strava dan setelah selesai menggunakan strava, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pemakaian voltase pada baterai, sehingga bisa mengetahui berapa banyak kapasitas baterai yang telah digunakan dari selisih voltase yang digunakan.



Gambar 11 Rute pengujian langsung

Tabel 5 Hasil pengujian pertama

Voltage	0.9 V
Elevation Gain	6 m
Avg. Speed	8.2 km/h
Max. Speed	20.2 km/h
Moving Time	10:01
Jarak Tempuh	1.03 km

Tabel 6 Hasil pengujian kedua

Voltage	0.6 V
Elevation Gain	6 m
Avg. Speed	6 km/h
Max. Speed	23.5 km/h
Moving Time	5:21
Jarak Tempuh	0.5 km

Dapat dilihat elevasi pada Gambar 11 menunjukkan adanya perbedaan ketinggian yang tidak signifikan dengan maksimal perbedaan ketinggian 6 m. Dari lintasan tersebut, diperoleh dua hasil pengujian sesuai dengan berat masing-masing. Berikut adalah penjelasan lengkap dari kedua variasi beban pada Tabel 5 dan Tabel 6

a. Pengujian dengan Beban 55 kg

Pengujian pertama ini dilakukan di jalan depan RSND dengan pertimbangan memiliki lintasan datar dan jalan aspal. Pada tabel 4.3 terlihat hasil penggunaan voltase sebesar 0.9 V untuk pemakaian selama 10 menit dengan kecepatan rata-rata 8.2 km/h. Kecepatan maksimal yang dapat dipacu adalah sekitar 20 km/h yang dikeluarkan dari motor bertenaga 500 W.

b. Pengujian dengan Beban 70 kg

Pengujian pertama ini dilakukan di jalan depan RSND dengan pertimbangan memiliki lintasan datar dan jalan aspal. Pada tabel 4.3 terlihat hasil penggunaan voltase sebesar 0.6 V untuk pemakaian selama 5 menit dengan kecepatan rata-rata 6 km/h, lebih lambat 2 km/h karena efek dari beban yang lebih berat.

Berdasarkan kedua hasil pengujian langsung, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan otopet ini mampu berjalan dengan dua variasi beban di atas dengan konsumsi baterai kurang lebih 1 V untuk setiap kilometernya.

3.4 Keseuaian Standar Iso

Otopet ini merupakan hasil *improvement* yang dirancang menggunakan acuan dari kendaraan elektrik roda tiga yang beredar di pasaran, maka dari itu terdapat beberapa standar yang juga disamakan untuk memenuhi SNI (Standar Nasional

Indonesia) agar nantinya dapat bersaing dengan produk lain.

Tabel 7 Kesesuaian SNI pada realisasi otopet listrik roda tiga

No	Jenis Uji	Syarat SNI	Kesesuaian
1.	Kelas-kelas Tegangan A	Tegangan kerja maksimum DC, kelas tegangan < 60V	Sesuai, menggunakan tegangan baterai maks di angka 42V
2.	Penandaan Komponen Listrik Kelas Tegangan A	RESS (Rechargeable Energy Storage System)	Sesuai syarat
3.	Penandaan Sistem Kabel	Menggunakan pembungkus luar kabel	Sesuai
4.	Interupsi Kelebihan Arus RESS	Alat-alat interupsi kelebihan arus jika terjadi short circuit pada RESS	Sesuai, memiliki BMS (<i>battery management system</i>) yang dapat melakukan cut off
5.	Pembangkit Panas	Terdapat pencegahan bahaya pembangkit panas akibat kegagalan pertama	belum ada
6.	Indikasi Pengurangan Daya	Terdapat indikasi pengurangan daya yang dapat diketahui oleh pengendara	Sesuai, ada <i>voltmeter</i> untuk mengetahui pengurangan daya
7.	Desain Keselamatan Saat Kegagalan	Terdapat sistem dan komponen yang mempertimbangkan desain keselamatan (MCB atau kunci kontak)	Sesuai, ada kunci kontak

Terdapat beberapa poin uji sesuai dengan syarat yang ditentukan, antara lain adalah kelas tegangan, penandaan komponen listrik, penandaan sistem kabel, interupsi kelebihan arus, indikasi pengurangan daya, dan keselamatan saat kegagalan. Beberapa standar uji yang mengacu pada SNI ISO 6469-1:2009 [13] tentang kendaraan jalan yang digerakkan listrik ditunjukkan pada Tabel 4.2

Terdapat satu poin yang belum sesuai dengan syarat SNI tersebut, yaitu pada bagian poin nomor lima tentang pembangkit panas. Dalam persyaratannya tertulis bahwa “terdapat pencegahan bahaya pembangkit panas akibat kegagalan pertama” sehingga diperlukan komponen yang lebih rumit lagi jika harus menyesuaikan dengan poin tersebut.

3.5 Hasil Pengujian Menurut Peraturan Kementerian Perhubungan No. 44

Pada tahun 2020, Kementerian Perhubungan mengeluarkan peraturan yang terkait dengan pengujian kendaraan listrik yang berjudul “Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor dengan Motor Penggerak Menggunakan Motor Listrik” [14]. Poin-poin yang diujikan yaitu terkait dengan akumulator listrik, alat pengisian ulang energi listrik, perlindungan sentuh listrik, keselamatan fungsional dan emisi hydrogen, namun karena keterbatasan satu dan lain hal, penulis hanya melakukan kesesuaian dengan hasil produk yang telah dibuat. Berikut beberapa poin terkait dengan kesesuaian produk yang dihasilkan dengan aturan atau syarat-syarat dari pemerintah.

a. Pengujian Kerja Akumulator Listrik

Hasil pengujian untuk akumulator listrik yang dituangkan dan diharuskan dalam peraturan tersebut berupa SNI. Dalam pengujian secara *real nya*, otopet yang dibuat telah disesuaikan dengan peraturan SNI ISO 6469-1:2009. Hasil kesesuaiannya dapat dilihat pada Tabel 4.2, dimana terdapat beberapa persyaratan seperti batas tegangan maksimal, syarat *rechargeable energy*, penandaan sistem kabel dengan pembungkus kabel, interupsi kelebihan arus saat digunakan dengan adanya *battery management system* yang dapat melakukan *cut off*, dan komponen keselamatan seperti kunci kontak.

b. Alat Pengisian Ulang Energi Listrik

Pengujian terhadap alat pengisian ulang energi listrik sebagaimana dimaksud dalam peraturan tersebut diharuskan untuk memeriksa pemenuhan pemasangan indikator pengisian akumulator. Pada produk otopet ini telah diberikan indikator untuk mengetahui kapasitas baterai saat sedang dicas. Selain itu, otopet ini juga dilengkapi dengan *battery management system* yang mampu mengatasi *overcharging* apabila pengguna lupa mencabut baterai ketika sudah *full*.

c. Perlindungan Sentuh Listrik

Pada persyaratan perlindungan sentuh listrik, dituliskan bahwa pada kabel terlihat langsung harus memiliki pembungkus kabel, otopet ini sudah dilengkapi dengan hal tersebut. Kemudian untuk perlindungan sengatan listrik, otopet ini dilengkapi dengan grip karet pada stang, jok kulit untuk menjadi isolator dari sengatan listrik yang mungkin akan terjadi. Namun pengguna masih harus menggunakan alas kaki untuk terhindar dari sengatan listrik, karena *deck* kaki belum dilengkapi dengan lapisan isolator.

d. Keselamatan Fungsional

Pada pengujian keselamatan fungsional, terdapat empat persyaratan yang menjadi perhatian. Keempat persyaratan tersebut telah dilengkapi pada otopet listrik roda tiga yang dirancang. Syarat-syarat tersebut antara lain adalah memiliki

paling sedikit sistem pengaktifan 2 (dua) tahap pada saat pengemudi memulai menghidupkan Kendaraan Bermotor Listrik yang direalisasikan dengan penghidupan melalui kunci kontak, lalu kemudian penekan tombol arah gerak. Syarat yang kedua adalah memiliki satu tahap untuk mematikan Kendaraan Bermotor Listrik, yaitu dengan menggunakan kunci kontak. Syarat ketiga adalah memiliki indikator level daya tertentu atau kondisi akumulator lemah yang diwujudkan dengan adanya *voltmeter* dan *amperemeter* pada kotak kontrol. Persyaratan terakhir yang sudah dipenuhi yakni memiliki penonaktifan fungsi mundur saat kendaraan dalam gerakan maju, untuk melengkapi hal ini pada otopet diberikan saklar maju mundur dan off dari keduanya.

e. Emisi Hydrogen

Pengujian terhadap emisi hidrogen sebagaimana dimaksud dalam peraturan tersebut dilakukan pada Kendaraan Bermotor Listrik yang dilengkapi dengan akumulator yang menggunakan cairan pengisi. Pengujian ini belum dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan yang harus sesuai dengan standar pengujian dari kementerian.

4. Kesimpulan

Penelitian terkait dengan rancang bangun otopet untuk tenaga medis di dalam rumah sakit yang dilakukan telah melalui banyak proses hingga sampai pada tahap akhir. Berdasarkan proses-proses tersebut, berikut adalah beberapa kesimpulan yang didapat, diantaranya adalah telah dilakukan kajian awal dengan memberikan kuisioner mengenai kebutuhan alat bantu transportasi di dalam Rumah Sakit kepada tiga puluh sembilan responden di dua Rumah Sakit besar di Jawa Tengah. Berdasarkan hasil dari survei tersebut, para tenaga medis membutuhkan alat transportasi yang sederhana, kecil dan mudah digunakan, seperti otopet roda tiga ini. Selain itu, penelitian ini telah menghasilkan otopet dengan stabilitas baik yang diwujudkan dengan penggunaan roda tiga sehingga pengguna tidak perlu mengkhawatirkan keseimbangan. Selain itu, mampu menciptakan produk otopet yang mudah digunakan di dalam rumah sakit dengan menambahkan fitur arah gerak maju dan mundur sehingga dapat memudahkan pergerakan di dalam ruangan. Aspek kenyamanan penggunaan juga bisa didapatkan dengan posisi berkendara yang sudah disesuaikan. Berdasarkan hasil pengujian simulasi dari desain yang dibuat, telah berhasil menciptakan rancang bangun otopet listrik roda tiga yang kuat. Otopet ini mampu berjalan dengan beban maksimal 95 kg dengan *safety factor* bernilai 1.

Hasil jadi dari rancang bangun otopet ini mampu menyesuaikan dengan regulasi SNI ISO 6469-1:2009 tentang kendaraan jalan yang menggunakan listrik, namun tentunya tidak semua poin dalam standar tersebut dapat diterapkan. Selain itu, otopet ini juga disesuaikan dengan Peraturan Kementerian Perhubungan No. 44 yang mengatur tentang Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor dengan Motor Penggerak Menggunakan Motor Listrik. Namun pada perancangan otopet ini, masih ada keterbatasan yang dialami dan tentunya masih ada hal-hal yang perlu disempurnakan. Keterbatasan tersebut adalah otopet belum mampu melewati jalan menanjak dengan elevasi rata-rata melebihi 5 m dan jalan tidak rata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yazhisavendan, Aadharsh. 2022. *Experimental Analysis on Electric-Kick Scooter*. Thesis. Automotive Engineering Politecnico Di Torino.
- [2] Rahadyan, R. I., dkk. 2021. Implementasi Motor Elektrik dan Monitoring Display pada Otoped. *eProceedings of Applied Science*, 7(6)
- [3] Simoneau, Martin dkk. 2006. *The effects of moderate fatigue on dynamic balance control and attentional demands*; Simoneau et al; licensee BioMed Central Ltd.
- [4] Satria, D dkk. 2019. *Design of alpha type stirling machine biomass-based innovation design with the capacity of 100 watt*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 673 012124.
- [5] S, Balaguru dkk. 2019. *Structural and modal Analysis of Scooter Frame for Design Improvement*. *Sciencedirect Materials Today: Proceedings* 16 (2019) 1106–1116.
- [6] Shastri, Viranchi., dkk. 2018. *Design and Development of Electric Two Wheeler*. *International Journal for Scientific Research & Development*, 6(2), 3745-3750.
- [7] Chou, Jyh-Rong., and Shih-Wen Hsiao. 2005. *Product Design and Prototype Making for an Electric Scooter*. *Material and Design* 26(2005), 439-449.
- [8] Kim, S.E., Yoo, Y.H., and Kim, H.S. 2009. "Effect of reinforcement methods on the bending behavior of steel plates." *Journal of Constructional Steel Research*, 65(4), 973-982.
- [9] Schey, John A. 2009. *Introduction to Manufacturing Processes*. McGraw-Hillbook Company:Maidenhead.
- [10] Hibbeler, R.C. (2016). "Structural Analysis." Pearson Education.
- [11] Mousavi, S.J., Mohammadi, M. (2017). "Experimental and numerical investigation on the bending capacity of FRP-strengthened steel plates." *Thin-Walled Structures*, 119, 338-349.
- [12] Groover, M. P. (2018). "Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems." Wiley.
- [13] Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2009. *Kendaraan jalan yang digerakkan listrik - Spesifikasi keselamatan*. Diakses di : <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/12847-sniiso6469-12009> [Diakses pada 30 September 2023].
- [14] Kementerian Perhubungan. 2020. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 44 Tahun 2020 tentang Pengujian Tipe Fisik Kendaraan Bermotor dengan Motor Penggerak Menggunakan Motor Listrik*. Diakses di : <https://peraturan.bpk.go.id/Details/149466/permenhub-no-44-tahun-2020> [Diakses pada 2 Oktober 2023].